



ANNEE 2002

THESE : 2002 – TOU 3 – 4116

---

# EFFICACITE COMPAREE, EN LABORATOIRE, DU FIPRONIL ET DE LA DELTAMETHRINE PAR CONTACT TARSAL SUR *Glossina morsitans morsitans* *ET Glossina palpalis gambiensis*

---

THESE  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement en 2002  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**Laurence, Marthe, Irène PETIT**  
Née, le 29 mai 1975 à COGNAC (Charente)

---

Directeur de thèse : **M. le Professeur Michel FRANC**

---

## JURY

PRESIDENT :  
**M. Georges LARROUY**

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEUR :  
**M. Michel FRANC**  
**Mlle Marie-Christine CADIERGUES**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE  
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRES INVITES :  
**M. Philippe JACQUIET**  
**M. Dominique CUISANCE**

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE  
Vétérinaire Entomologiste au C.I.R.A.D.-E.M.V.T. de MONTPELLIER

---

### Résumé

La lutte contre les glossines ou mouches tsé-tsé est incontournable dans les stratégies de contrôle des trypanosomoses animales et humaines en Afrique. Après avoir présenté brièvement la biologie des deux sous-espèces de mouches utilisées dans cette étude, *Glossina morsitans morsitans* et *Glossina palpalis gambiensis*, nous rappelons la place des traitements insecticides dans la lutte contre ces insectes.

Par une série d'expériences en laboratoire nous avons testé les effets d'une nouvelle molécule, le fipronil, en comparaison avec un insecticide déjà largement utilisé contre les glossines, la deltaméthrine. Afin de reproduire l'action des insecticides sur le terrain, utilisés sur des pièges ou écrans ou bien directement sur le bétail, les expériences ont consisté à mettre en contact tarsal les mouches avec des disques Whatman imprégnés de fipronil (300 mg/m<sup>2</sup>) ou de deltaméthrine (45 mg/m<sup>2</sup>). Les effets de ces molécules (mortalité, effet knock-down, conséquences sur la reproduction) ont été analysés en comparaison avec des lots témoins et en faisant varier différents paramètres : le temps de contact (5 ou 30 secondes), le nombre de contacts (1 ou 3) et l'âge des mouches.

Ces expériences confirment l'efficacité de la deltaméthrine et la différence de sensibilité entre les deux sous-espèces testées, *G. m. morsitans* étant plus sensible que *G. p. gambiensis*. Le fipronil, utilisé dans ces conditions, n'a pas montré d'efficacité satisfaisante au terme de ces expériences. Toutefois, pour les temps de contact les plus longs, ses effets deviennent significatifs et nous avons constaté une différence nette de sensibilité entre les deux sous-espèces de glossines, *G. p. gambiensis* étant cette fois la plus affectée.

Indépendamment, un autre test a été réalisé en nourrissant les glossines sur un lapin traité au fipronil. Aucun effet antifeeding n'a été constaté, contrairement à ce qui a déjà été montré avec les pyréthroïdes pour les puces et avec la deltaméthrine pour les phlébotomes.

Mots-clés : Glossinidae, insecticide, expérimentation, pyrazole, pyréthroïde, fipronil, deltaméthrine, contact tarsal

---

### **Experimental comparison between fipronil and deltamethrin efficacy against *Glossina morsitans morsitans* (Westwood, 1850) and *Glossina palpalis gambiensis* (Vanderplanck, 1949), using tarsal contact.**

#### Summary :

Trypanosomiasis restriction rely on tsetse control measures. After a short presentation of the two subspecies used in the study, *Glossina morsitans morsitans* and *Glossina palpalis gambiensis*, the essential role of insecticide treatment against tsetse flies is reviewed.

Laboratory test of a new molecule, fipronil is presented and compared with a synthetic pyrethroid widely used in tsetse control, deltamethrin. Flies are put into tarsal contact on Whatman paper impregnated with fipronil (300 mg/m<sup>2</sup>) or deltamethrin (45 mg/m<sup>2</sup>). This protocol attempt to get closer the impregnated target or field traps. The molecule effects (mortality, knock-down effect, reproduction result) are analysed in comparison with control flies. Different parameters are tested : contact time (5 or 30 s), number of contact (1 or 3) and fly age.

These experiments confirm deltamethrin efficacy and the higher sensibility of *Glossina morsitans morsitans* to this molecule. Fipronil is not convincing in these experiments; however, fipronil has some efficacy for the longest contact and interestingly seem to be more active on *Glossina palpalis gambiensis* than on *Glossina morsitans morsitans*.

In another experiment tsetse flies are offered food on a rabbit treated with fipronil and we could not demonstrate any antifeeding effect of this molecule contrary to what exists with pyrethroids on flea.

Key words : Glossinidae, insecticide, experimentation, pyrazole, pyrethroid, fipronil, deltamethrin, tarsal contact

## SOMMAIRE

	<b>Pages</b>
Table des illustrations	13
Table des abréviations	15
Table des annexes	17
 <u>Introduction:</u>	 19
 <u>I- Présentation et justification des espèces de glossines choisies pour cette étude</u>	 21
<u>I.1. Systématique et biogéographie</u>	21
I.1.1 Principales espèces d'intérêt médical et vétérinaire	21
I.1.2. Répartition géographique	22
<u>I.2. Eléments importants de biologie pour l'élaboration des méthodes de lutte contre les glossines</u>	22
I.2.1. Ecologie	22
I.2.2. Alimentation	23
I.2.3. Reproduction	24
I.2.4. Relations avec les hôtes	25
I.2.5. Dispersion des glossines et rapport avec les leurres	26
 <u>II- Place de la lutte chimique contre les glossines dans les stratégies de lutte contre les trypanosomoses</u>	 27
<u>II.1. Les différentes stratégies de lutte</u>	27
<u>II.2. Les méthodes de lutte et l'importance de la lutte insecticide</u>	28
II.2.1. Les méthodes non chimiques	28
II.2.2. Les méthodes chimiques	30
<u>II.3. Evolution et perspectives</u>	32
 <u>III- Etude expérimentale</u>	 35
<u>III.1. Les principes actifs utilisés dans cette étude</u>	35

III.1.1. La deltaméthrine	35
III.1.1.1. La molécule et ses propriétés	35
III.1.1.2. Mode d'action et toxicité	35
III.1.1.3. Utilisation de la deltaméthrine	37
III.1.2. Le fipronil	38
III.1.2.1. La molécule et ses propriétés	38
III.1.2.2. Mode d'action et toxicité	38
III.1.2.3. Utilisation du fipronil	39
III.2. <u>Matériel et méthodes</u>	40
III.2.1. Les protocoles	40
III.2.1.1. Comparaison entre le fipronil et la deltaméthrine appliqués par contact tarsal sur les glossines	40
III.2.1.1.1. Paramètres expérimentaux	40
III.2.1.1.2. Matériel biologique	41
III.2.1.1.3. Matériel utilisé	42
III.2.1.1.4. Réalisation des manipulations	43
III.2.1.1.5. Recueil des observations	44
III.2.1.2. Expérience de nourrissage des glossines sur des oreilles de lapin traitées au fipronil	44
III.2.1.2.1. Matériel biologique	44
III.2.1.2.2. Matériel utilisé	44
III.2.1.2.3. Réalisation des expériences	45
III.2.2. Les problèmes rencontrés	46
III.3. <u>Résultats</u>	47
III.3.1. Comparaison de la deltaméthrine et du fipronil appliqués par contact tarsal	47
III.3.1.1. Série d'expériences à contact unique	47
III.3.1.1.1. Contact unique de 5 secondes	47
III.3.1.1.2. Contact unique de 30 secondes	52
III.3.1.2. Série d'expériences à trois contacts consécutifs à 48 heures d'intervalle	58
III.3.1.2.1. Trois contacts de 5 secondes à 48 heures d'intervalle	58
III.3.1.2.2. Trois contacts de 30 secondes à 48 heures d'intervalle	60
III.3.2. Expérience de nourrissage des glossines sur un lapin traité au fipronil	64
III.3.2.1. Expérience préliminaire	65

III.3.2.2. Expérience de nourrissage sur un lapin traité au fipronil	66
III.4. <u>Discussion</u>	67
<u>Conclusion</u>	72
<u>Bibliographie</u>	75
<u>Annexes</u>	85



## Table des illustrations

### **Figures :**

<u>Fig.1</u> : Structure de la molécule de deltaméthrine ( $C_{22}H_{19}Br_2NO_3$ ).	35
<u>Fig.2</u> : Structure de la molécule de fipronil ( $C_{12}H_4Cl_2F_6N_4OS$ ).	38

### **Tableaux :**

<u>Tabl.1</u> : Classification simplifiée des différents sous-genres (ou groupes) du genre <i>Glossina</i> .	21
<u>Tabl.2</u> : Mode d'action des pyréthrinoïdes (d'après Carle, 1985).	36
<u>Tabl.3</u> : Toxicité de la deltaméthrine chez le rat (d'après Tomlin, 1997)	37
<u>Tabl.4</u> : Toxicité du fipronil chez le rat (d'après Tomlin, 1997).	39
<u>Tabl.5</u> : Résultats des tests de comparaison des moyennes du nombre de pupes déposées par jour et par femelle chez les glossines après un contact de 5 secondes avec les produits.	51
<u>Tabl.6</u> : Taux d'éclosion des pupes récoltées dans l'expérience d'un contact unique de 5 secondes.	52
<u>Tabl.7</u> : Résultats des tests de comparaison des moyennes du nombre de pupes déposées par jour et par femelle chez les glossines après un contact de 30 secondes avec les produits.	57
<u>Tabl.8</u> : Taux d'éclosion des pupes récoltées dans l'expérience d'un contact unique de 30 secondes.	58
<u>Tabl.9</u> : Efficacité du fipronil à 300 mg/m <sup>2</sup> et de la deltaméthrine à 45 mg/m <sup>2</sup> appliqués par contact tarsal.	61
<u>Tabl.10</u> : Expériences comparatives du fipronil et de la deltaméthrine appliqués par contact tarsal sur <i>Glossina morsitans morsitans</i> à l'état ténérale.	62
<u>Tabl.11</u> : Expériences comparatives du fipronil et de la deltaméthrine appliqués par contact tarsal sur <i>Glossina palpalis gambiensis</i> à l'état ténérale.	63
<u>Tabl.12</u> : Expériences comparatives du fipronil et de la deltaméthrine appliqués par contact tarsal sur <i>Glossina morsitans morsitans</i> âgées.	64
<u>Tabl.13</u> : Expériences comparatives du fipronil et de la deltaméthrine appliqués par contact tarsal sur <i>Glossina palpalis gambiensis</i> âgées.	64
<u>Tabl.14</u> : Nombre de <i>Glossina morsitans morsitans</i> gorgées sur les lapins A et B.	65
<u>Tabl.15</u> : Nombre de <i>Glossina palpalis gambiensis</i> gorgées sur les lapins A et B.	65
<u>Tabl.16</u> : Nombre de <i>Glossina morsitans morsitans</i> gorgées sur un lapin non traité puis traité au fipronil.	66
<u>Tabl.17</u> : Nombre de <i>Glossina palpalis gambiensis</i> gorgées sur un lapin non traité puis traité au fipronil.	66

## **Graphiques :**

<u>Graph.1</u> : Evolution de l'effectif de <i>Glossina morsitans morsitans</i> ténérables après un contact de 5 secondes avec les insecticides.	47
<u>Graph.2</u> : Evolution de l'effectif de <i>Glossina morsitans morsitans</i> âgées après un contact de 5 secondes avec les insecticides.	48
<u>Graph.3</u> : Evolution de l'effectif de <i>Glossina palpalis gambiensis</i> ténérables après un contact de 5 secondes avec les insecticides.	48
<u>Graph.4</u> : Evolution de l'effectif de <i>Glossina palpalis gambiensis</i> âgées après un contact de 5 secondes avec les insecticides.	49
<u>Graph.5</u> : Evolution de la production journalière de pupes par femelle pour <i>Glossina morsitans morsitans</i> après un contact de 5 secondes avec les produits.	50
<u>Graph.6</u> : Evolution de la production journalière de pupes par femelle pour <i>Glossina palpalis gambiensis</i> après un contact de 5 secondes avec les produits.	50
<u>Graph.7</u> : Evolution de l'effectif de <i>Glossina morsitans morsitans</i> ténérables après un contact de 30 secondes avec les insecticides.	52
<u>Graph.8</u> : Evolution de l'effectif de <i>Glossina morsitans morsitans</i> âgées après un contact de 30 secondes avec les insecticides.	53
<u>Graph.9</u> : Evolution de l'effectif de <i>Glossina palpalis gambiensis</i> ténérables après un contact de 30 secondes avec les insecticides.	53
<u>Graph.10</u> : Evolution de l'effectif de <i>Glossina palpalis gambiensis</i> âgées après un contact de 30 secondes avec les insecticides.	54
<u>Graph.11</u> : Comparaison de l'évolution de la population des mouches ténérables (JSE1) et des mouches âgées (ASE1) pour <i>Glossina morsitans morsitans</i> après un contact de 30 secondes avec la deltaméthrine (45 mg/m <sup>2</sup> ).	55
<u>Graph.12</u> : Comparaison de l'évolution de la population des mouches ténérables (JSE2) et des mouches âgées (ASE2) pour <i>Glossina palpalis gambiensis</i> après un contact de 30 secondes avec la deltaméthrine (45 mg/m <sup>2</sup> ).	55
<u>Graph.13</u> : Comparaison de l'évolution de la population des mouches ténérables de <i>Glossina morsitans morsitans</i> et de <i>Glossina palpalis gambiensis</i> après un contact de 30 secondes avec la deltaméthrine (45 mg/m <sup>2</sup> ).	56
<u>Graph.14</u> : Evolution de la production journalière de pupes par mouche pour <i>Glossina morsitans morsitans</i> après un contact de 30 secondes avec les produits.	56
<u>Graph.15</u> : Evolution de la production journalière de pupes par mouche pour <i>Glossina palpalis gambiensis</i> après un contact de 30 secondes avec les produits.	57
<u>Graph.16</u> : Evolution de l'effectif de <i>Glossina morsitans morsitans</i> après trois contacts de 5 secondes, à 48 heures d'intervalle, avec les insecticides (les contacts sont matérialisés par les flèches rouges).	59
<u>Graph.17</u> : Evolution de l'effectif de <i>Glossina palpalis gambiensis</i> après trois contacts de 5 secondes, à 48 heures d'intervalle, avec les insecticides (les contacts sont matérialisés par les flèches rouges).	59
<u>Graph.18</u> : Evolution de l'effectif de <i>Glossina morsitans morsitans</i> après trois contacts de 30 secondes, à 48 heures d'intervalle, avec les insecticides (les contacts sont matérialisés par les flèches rouges).	60
<u>Graph.19</u> : Evolution de l'effectif de <i>Glossina palpalis gambiensis</i> après trois contacts de 30 secondes, à 48 heures d'intervalle, avec les insecticides (les contacts sont matérialisés par les flèches rouges).	61



## Table des abréviations

JSE1 : *Glossina morsitans morsitans* ténéales

JSE2 : *Glossina palpalis gambiensis* ténéales

ASE1 : *Glossina morsitans morsitans* âgées

ASE2 : *Glossina palpalis gambiensis* âgées

Delta : deltaméthrine

Fipro : fipronil

Q : nombre de glossines

J0, J1, ..., Jn : nombre de jours

KD : effet knock-down



## **Table des annexes**

<u>Annexe 1</u> : Evolution du nombre de mouches après un contact de 5 secondes avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m <sup>2</sup> ; Deltaméthrine : 45 mg/m <sup>2</sup> ).	87
<u>Annexe 2</u> : Evolution du nombre de mouches après un contact de 30 secondes avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m <sup>2</sup> ; Deltaméthrine : 45 mg/m <sup>2</sup> ).	88
<u>Annexe 3</u> : Observation de l'effet létal (en nombre de mouches mortes en 24 h, l'effectif total au début de l'expérience étant indiqué entre parenthèses) et de l'effet knock-down sur les glossines.	89
<u>Annexe 4</u> : Nombre de pupes produites par mouche et par jour au cours des expériences après un contact unique avec les insecticides .	90
<u>Annexe 4 bis</u> : Evolution du nombre de pupes produites au cours des expériences après un contact unique avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m <sup>2</sup> ; Deltaméthrine : 45 mg/m <sup>2</sup> ).	91
<u>Annexe 5</u> : Données sur la reproduction des glossines au cours des expériences relatives à un contact unique avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m <sup>2</sup> ; Deltaméthrine : 45 mg/m <sup>2</sup> ).	92
<u>Annexe 6</u> : Tests de comparaison du poids moyen des pupes récoltées au cours des expériences relatives à un contact unique avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m <sup>2</sup> ; Deltaméthrine : 45 mg/m <sup>2</sup> ).	93
<u>Annexe 7</u> : Test du khi-deux pour les expériences d'un contact de 30 secondes avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m <sup>2</sup> ; Deltaméthrine : 45 mg/m <sup>2</sup> ).	94
<u>Annexe 7 bis</u> : Test du khi-deux pour les expériences d'un contact de 30 secondes avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m <sup>2</sup> ; Deltaméthrine : 45 mg/m <sup>2</sup> ) pour <i>Glossina morsitans morsitans</i> .	95
<u>Annexe 7 ter</u> : Test du khi-deux pour les expériences d'un contact de 30 secondes avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m <sup>2</sup> ; Deltaméthrine : 45 mg/m <sup>2</sup> ) pour <i>Glossina palpalis gambiensis</i> .	96
<u>Annexe 8</u> : Test du khi-deux entre les classes d'âges et les sous-espèces pour les expériences d'un contact de 30 secondes avec le deltaméthrine à 45 mg/m <sup>2</sup> .	97
<u>Annexe 9</u> : Test du khi-deux pour les expériences à trois contacts de 30 secondes répétés à 48 heures d'intervalles avec les insecticides (Fipro : 300 mg/m <sup>2</sup> ; Delt : 45 mg/m <sup>2</sup> ).	98
<u>Annexe 10</u> : Evolution de l'effectif des mouches après trois contacts de 5 secondes avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m <sup>2</sup> ; Deltaméthrine : 45 mg/m <sup>2</sup> ).	99
<u>Annexe 11</u> : Calcul de l'efficacité de la deltaméthrine à 45 mg/m <sup>2</sup> et du fipronil à 300 mg/m <sup>2</sup> sur les glossines pour des contacts tarsaux unique ou répétés de 5 ou 30 secondes.	100
<u>Annexe 12</u> : Expérience de nourrissage des glossines sur un lapin traité au fipronil (1 ml de fipronil à 2.4 mg/ml, pulvérisé de manière homogène sur chaque oreille du lapin).	101



## **INTRODUCTION**

Les trypanosomoses, maladies parasitaires dues à des protozoaires flagellés du genre *Trypanosoma* (Kinetoplastida : Trypanosomatidae), affectent l'homme et l'animal dans le monde. Selon l'O.M.S., ces maladies concernaient en 1998 près de 60 millions de personnes dans 37 pays de l'Afrique tropicale humide. Sans traitement, l'issue de ces maladies est le plus souvent la mort. Les trypanosomoses touchant les animaux ont également une incidence considérable sur la production animale (Swallow, 1998 ; Tacher & Letenneur, 1997).

Les glossines, ou mouches tsé-tsé, sont des vecteurs biologiques et accessoirement mécaniques de nombreux trypanosomes et la lutte contre ces insectes représente un volet important du contrôle de ces maladies en Afrique tropicale. En outre, les glossines en tant qu'insectes hématophages, représentent un manque à gagner pour l'élevage en Afrique, au même titre que les mouches du bétail en France.

Les trypanosomes peuvent être transmis de manière mécanique par des insectes piqueurs, mais la transmission cyclique par les glossines est la plus classique et la plus importante en Afrique. Les situations épidémiologiques de ces maladies sont très diverses selon la virulence des espèces de trypanosomes impliquées ; cette virulence peut elle-même varier selon la souche de trypanosome au sein d'une espèce. Les facteurs climatiques, les facteurs humains, et bien d'autres entrent également en jeu. Dans les trypanosomoses humaines ou animales, il existe des cycles endémiques et des cycles épidémiques complexes (Jacquiet, 1989). Les sources d'infection sont également variées et vont de l'homme à la faune sauvage en passant par les animaux domestiques (à chaque trypanosome correspond un ou plusieurs cycles selon les sous-régions africaines ils sont plus ou moins bien connus). La faune sauvage, le bétail trypanotolérant\*, l'homme et même les glossines constituent des réservoirs potentiels de ces parasites.

La démographie croissante, la sécheresse, les facteurs politiques font que les populations se déplacent de plus en plus et modifient ainsi la nature et l'intensité de leur contact avec les glossines. Cette évolution, accompagnée d'un incontournable développement de l'élevage en zone humide, exige la mise en œuvre de nouveaux moyens de lutte contre les glossines, et donc la recherche de nouvelles armes pour les combattre dans un contexte économique de plus en plus difficile (Cuisance, 1991).

---

\* Trypanotolérance : aptitude de certaines races domestiques à survivre, se développer et produire dans un milieu infecté.

Nous nous sommes donc intéressés ici à un des aspects de la lutte contre les glossines qui est la lutte chimique, en évaluant l'activité de deux insecticides modernes ayant déjà été utilisés sur le bétail : la deltaméthrine et le fipronil. La deltaméthrine est une molécule efficace contre les glossines et déjà largement utilisée, mais on connaît peu l'activité du fipronil contre ces insectes et c'est pourquoi nous avons voulu comparer l'action de ces deux insecticides.

La mise en place d'une lutte efficace ne peut se faire sans connaître sa cible ; notre première partie est donc consacrée à une rapide présentation des glossines. Dans une seconde partie nous nous intéresserons à la place de la lutte chimique parmi les stratégies de lutttes existantes contre les glossines, avant de consacrer une troisième partie à l'étude expérimentale proprement dite comparant les effets respectifs de la deltaméthrine et du fipronil en laboratoire.

## **I. Présentation et justification des espèces de glossines choisies pour cette étude :**

### **I.1. Systématique et biogéographie :**

#### **I.1.1. Principales espèces d'intérêt médical et vétérinaire :**

Actuellement 31 espèces et sous-espèces de glossines sont connues. Classiquement on les divise en trois sous-genres que l'on nomme plus communément « groupes » (voir tableau 1, ci-dessous).

sous-genre	« groupe »	nombre d'espèces	écologie	Mammifères affectés
<i>Nemorhina</i>	<i>palpalis</i>	5 espèces avec 7 sous-espèces	riveraines	hommes, animaux
<i>Glossina</i>	<i>morsitans</i>	5 espèces avec 3 sous-espèces	savanes boisées, fourrés denses	animaux (hommes)
<i>Austenina</i>	<i>fusca</i>	13 espèces avec 4 sous-espèces	forêts	animaux

Tabl. 1. Classification simplifiée des différents sous-genres ou groupes d'espèces du genre *Glossina*.

Dans cette étude nous avons choisi deux sous-espèces de glossines en fonction de leur mode de vie (une représentant les glossines riveraines, une celles de savane) et pour leur rôle prépondérant dans la transmission des trypanosomes aussi bien chez les animaux que chez les hommes. Notre choix s'est donc arrêté sur *Glossina morsitans morsitans* (Westwood, 1850) et *Glossina palpalis gambiensis* (Vanderplanck, 1949) :

- les glossines appartenant au « groupe *palpalis* » sont généralement riveraines. On les trouve dans la végétation dense qui borde les fleuves et cours d'eau qui se déversent dans l'Atlantique et également dans la vallée du Nil ; on peut les trouver aussi dans les zones périforestières, autour des lacs, dans les mangroves et certaines colonisent les plantations de café, cacao, manguiers, bananiers, etc. qui constituent des gîtes péri-domestiques. La sous-espèce *Glossina palpalis gambiensis* occupe la végétation ripicole de l'Afrique subhumide ou humide. Elles sont surtout vectrices des trypanosomoses humaines (*Trypanosoma brucei gambiense* en Afrique occidentale) mais aussi animales ( *Trypanosoma vivax*, *Trypanosoma congolense*, *Trypanosoma brucei brucei* ) ;

- les glossines appartenant au « groupe *morsitans* » ont une préférence pour les savanes boisées et les fourrés denses, mais on peut aussi en trouver dans les forêts claires. Leur présence est liée à la faune et au bétail. *Glossina morsitans morsitans* occupe les savanes boisées de l'Afrique orientale et australe. Ce sont des vecteurs majeurs des trypanosomoses du bétail (*Trypanosoma congolense* et *Trypanosoma vivax* mais aussi *Trypanosoma brucei rhodesiense* pour l'homme).

### I.1.2. Répartition géographique :

La connaissance de la répartition géographique des glossines est essentielle pour savoir où et quand agir contre ces insectes. Les paramètres écologiques et climatiques sont très importants dans la répartition géographique des glossines. Une hygrométrie trop faible (inférieure à 600 mm de pluie par an en moyenne), des températures trop hautes (plus de 38°C) ou trop basses (moins de 17°C) sont autant de limites au développement des glossines (Itard, 2000). On ne rencontre pas de glossines au-dessus de 2000 mètres ni dans les déserts ou les zones subdésertiques. D'autres facteurs limitants comme le couvert végétal et la présence d'hôtes nourriciers sont à prendre en compte. Ainsi, en Afrique occidentale et centrale, la répartition des glossines correspond à des zones bioclimatiques parallèles à l'équateur, alors qu'en Afrique orientale les montagnes fragmentent le milieu naturel, ce qui entraîne une répartition des glossines en « ceintures » plus ou moins isolées.

On utilise actuellement des images satellitales de la végétation en plus des études sur le terrain pour identifier les milieux favorables aux glossines ; à l'intérieur des zones écologiques propices, il est possible d'identifier des facteurs discriminants de la présence des glossines grâce aux données satellitales sur la végétation et le climat (Rogers *et al.*, 1996 ; De la Rocque, 1997).

## I.2. Eléments importants de biologie pour l'élaboration de méthodes de lutte contre les glossines :

### I.2.1. Ecologie :

De façon générale et schématique, dans les régions où les saisons sont bien tranchées, la densité des glossines connaît un accroissement en début de la saison des pluies



avec un pic en milieu de saison, puis il se produit une décroissance en saison sèche et froide pour atteindre le niveau le plus bas en saison sèche et chaude. Les conditions locales influent évidemment sur ce schéma très général. Les glossines seront donc abondantes en saison des pluies.

La plupart des espèces ont une activité diurne mais ce sont des insectes peu actifs pendant la journée et jamais la nuit : leurs déplacements se limitent à la recherche de nourriture, de lieux de repos et de femelles pour les mâles. Ainsi une glossine ne vole environ que trente à cinquante minutes par jour pour les mâles et seulement cinq minutes pour les femelles (Bursell & Taylor, 1980 ; Randolph & Rogers, 1978, 1981).

Les glossines passent donc la plupart de leur temps sur des lieux de repos qui diffèrent le jour et la nuit : le jour, elles se reposent sur les faces inférieures des branches ou brindilles ou encore dans des trous, sous des grosses racines d'arbres et donc de façon générale dans des lieux assez proches du sol ; la température y est plus basse de 8 à 10 degrés par rapport à la température ambiante ; la nuit les glossines semblent monter dans la végétation et se poser sur la face supérieure des feuilles dans la canopée.

La connaissance de ces lieux de repos est très utile dans le choix des méthodes de lutte contre les glossines par traitements insecticides : ce sont eux qui seront visés lors des applications sélectives et discriminatoires d'insecticides, soit par pulvérisation au sol le jour, soit la nuit lors des traitements d'insecticides appliqués par voie aérienne.

### I.2.2. Alimentation :

Les glossines, les mâles comme les femelles, sont des insectes hématophages ou plus précisément telmophages c'est à dire qu'elles lèsent les tissus sous-cutanés par des mouvements de va et vient de la trompe (ou proboscis) et créent ainsi des micro-hématomes ; elles injectent de la salive anticoagulante avec éventuellement des trypanosomes avant d'aspirer le sang de leurs hôtes. Un repas dure en moyenne entre 20 et 30 secondes (Austen, 1903), ce qui a justifié les 30 secondes de temps de contact avec l'insecticide que nous avons choisi pour une partie de nos expériences. Le premier repas des glossines est pris entre leur premier et leur troisième jour de vie. La fréquence ultérieure des repas dépend des conditions climatiques, de l'état physiologique pour les femelles et évidemment de la disponibilité des hôtes nourriciers.

En moyenne l'intervalle entre deux repas est de 3 à 5 jours. Les glossines qui ont de fortes réserves de graisse prennent des repas plus petits par rapport à celles à faibles réserves.

En général, les glossines n'ont pas de préférences trophiques strictes pour telle ou telle espèce animale. Toutefois, certaines espèces de glossines ont l'habitude de se nourrir sur une espèce animale particulière alors que d'autres sont plus opportunistes et se nourrissent sur l'hôte le mieux représenté localement (Buxton, 1955 ; Itard, 2000), c'est à dire dans les foyers péri-domestiques, sur l'homme et le porc par exemple. Il est également à noter que certains animaux sauvages (zèbre, gnou, oryx...) ne sont pas ou peu piqués par les glossines : posséderaient-ils des substances répulsives ?

### I.2.3. Reproduction :

L'accouplement a lieu, dans la nature, dans les premiers jours de la vie de la glossine. Chez certaines espèces, il n'a lieu qu'après le premier repas. Dans les élevages, les femelles de 3 à 4 jours sont accouplées avec des mâles d'une semaine. Un seul accouplement en début de vie suffit en général mais il peut y en avoir plusieurs avant la première ovulation. Le développement des trois premiers stades larvaires a lieu dans l'utérus de la glossine, une glande lactée permettant l'alimentation de la larve. La larve III est déposée vers le 18<sup>ème</sup> jour de sa vie par la femelle dans un lieu favorable (proche des lieux de repos diurne) puis elle déposera une larve III tous les dix jours environ. Après s'être enfouie dans le sol, la larve se transforme en pupa au bout d'un laps de temps allant de quelques minutes à deux heures. Dans le puparium, la troisième mue donnera la larve IV puis l'imago. Le moment de l'éclosion de la mouche adulte dépend de la température ambiante et du sexe de l'individu. Elle s'effectue en moyenne au bout de 30 jours (20 à 80 jours selon la saison et l'espèce). Au laboratoire, les éclosions ont lieu environ un mois après la pupaison. Les glossines sont cyclorrhaphes, c'est à dire qu'elles sortent du puparium par une calotte arrondie ; leurs ailes se déplissent et la chitine se durcit, puis elles s'envolent. Ce sont alors des glossines dites ténéales (*tener* = tendre) dont le corps est mou. Ces glossines étant exactement au même stade physiologique nous les avons donc retenues pour réaliser nos expériences.

En moyenne les glossines vivent plus longtemps en saison des pluies (4 à 5 mois) qu'en saison sèche (3 à 4 mois pour la saison froide et 1 à 2 mois pour la saison chaude) (Itard, 2000). Les mâles ont une durée de vie plus courte que les femelles. La mortalité des glossines est liée à de nombreux facteurs : prédation, parasitisme, « maladies », raréfaction des hôtes nourriciers, conditions climatiques difficiles et lorsque celles-ci deviennent extrêmes, il y a un abaissement de la taille de l'insecte qui naît d'une femelle ayant souffert. Il

Il y a une relation entre la taille de l'insecte et la mortalité (Williams *et al.*, 1990) : plus les imagos sont petits et plus la mortalité est forte. C'est pourquoi nous nous sommes intéressés dans cette étude au poids des pupes afin d'observer si les traitements insecticides influent sur la taille des descendants.

On voit donc que le cycle de développement de la glossine est long et que le taux de reproduction est relativement faible ; pour une vie de trois mois en laboratoire (mais qui pourrait être plus longue), une femelle donnera seulement sept à huit larves ; ces constatations ont été mises à profit dans la lutte contre ces insectes. Il était intéressant dans cette étude d'observer *in vitro* si les insecticides employés à faible dose et lors d'un contact bref pouvaient avoir des effets directs sur la reproduction des glossines (nombre de pupes produites, poids des pupes, taux d'éclosion, sex-ratio...). En effet, ce type d'observation est impossible dans les expériences sur le terrain.

#### I.2.4 Relations avec les hôtes :

Les glossines repèrent leurs hôtes nourriciers grâce à des organes sensoriels répondant à des stimuli olfactifs en premier lieu (60 à 100 m), puis visuels à faible distance (5 à 20 m) : ces deux modes de repérages complexes ont été étudiés et utilisés dans l'élaboration de leurres et de pièges. Les produits comme le gaz carbonique, divers phénols, l'acétone et l'octanol se retrouvent dans les excréments et sécrétions des hôtes nourriciers et sont plus ou moins attractifs selon les espèces de glossines. Ceci est très important à déterminer car selon l'espèce de glossine, les leurres ou les pièges utilisés seront imprégnés avec tel ou tel produit.

La recherche d'un hôte et la prise de nourriture sont des activités risquées pour une glossine, ce qui explique probablement la faible fréquence de ces repas. Les glossines du groupe *morsitans* ont tendance à se poser préférentiellement sur les membres de leurs hôtes et surtout sur les membres antérieurs ; en effet, une glossine sera interrompue dans son repas plus facilement sur les autres parties du corps par les mouvements de peau, les coups de queue et de pattes. Comme nous l'avons souligné précédemment, la durée du contact avec l'hôte qui est celle du temps d'un repas, est assez courte (de 20 à 30 secondes).

### I.2.5. Dispersion des glossines et rapport avec les leurres :

Les glossines ont, pour la plupart des espèces, une activité diurne et parfois crépusculaire. Leurs déplacements se font généralement sur de courtes distances.

Les glossines riveraines, comme par exemple *Glossina palpalis gambiensis*, se déplacent par des vols linéaires courts aboutissant à des mouvements de « va et vient » le long des galeries forestières. En saison sèche, elles se cantonnent aux galeries forestières, mais en saison des pluies elles peuvent passer d'un réseau hydrographique à un autre (Cuisance *et al.*, 1985).

Les glossines de savanes, par exemple *Glossina morsitans morsitans*, se déplacent de façon plus aléatoire sur des distances plutôt courtes. Ces déplacements sont guidés par la proximité de lieux favorables (végétation, hôtes). En saison sèche, elles auront tendance à se concentrer dans les zones de végétation dense et notamment sur les lignes de drainage ; en saison des pluies, elles peuvent largement se disperser dans la savane. Certaines peuvent suivre un troupeau ou des hommes ou encore se laisser transporter passivement sur de longues distances.

Les glossines progressent par vols entrecoupés de pauses (5 secondes de vol, deux minutes de repos). Au cours de ces déplacements, elles remontent une piste olfactive contre le vent à une hauteur inférieure à 50 centimètres.

L'ensemble de ces connaissances nous permet de disposer les leurres dans des endroits stratégiques (endroits dégagés, ensoleillés...) afin que les glossines aient la plus forte probabilité de les repérer et de rentrer en contact avec eux. En moyenne, elles restent posées sur les leurres ou les pièges entre 5 et 10 secondes (Laveissière *et al.*, 1985a) ; c'est pourquoi nous avons choisi en particulier le temps de contact de 5 secondes avec l'insecticide lors de nos expériences.

## **II. Place de la lutte chimique contre les glossines dans les stratégies de lutttes contre les trypanosomes :**

### **II.1. Les différentes stratégies de lutte (Cuisance, 1991) :**

Le système parasitaire qui nous intéresse est complexe et met en jeu plusieurs acteurs qui sont les glossines, les trypanosomes et les différents hôtes. Ces acteurs interagissent selon des cycles plus ou moins bien connus où les facteurs environnementaux ont une grande importance. La lutte contre ces maladies peut donc s'entreprendre à différents niveaux : celui de l'hôte (prévention, dépistage, thérapie), celui des « animaux réservoirs » (suppression ou traitement) et celui des vecteurs auquel nous allons nous intéresser plus particulièrement.

Deux stratégies de lutte contre les glossines peuvent être envisagées : l'éradication ou le contrôle des populations de glossines :

- l'éradication correspond au fait de supprimer définitivement les glossines dans une aire donnée et de maintenir cet état. Cette méthode radicale n'est réalisable que sous certaines conditions : il faut avoir à disposition une technique simple adaptée aux conditions locales (climat et végétation), pouvoir faire des enquêtes préliminaires et surveiller la zone traitée a posteriori ainsi que mettre en place des barrières contre des ré-invasions éventuelles. L'épandage d'insecticides par avion ou hélicoptère par des équipes entraînées financées par l'état ou des bailleurs de fonds, peut répondre à ces conditions et a déjà fait ses preuves dans certaines régions. Mais le coût est souvent élevé avec des effets nocifs passagers sur l'environnement. Sans compter que pour entreprendre l'éradication des glossines dans une région donnée, il faut pouvoir s'appuyer sur des zones indemnes de glossines. Cette stratégie devient difficile à mettre en place quand elle doit s'appliquer aux zones humides ; elle doit pouvoir être programmée sur plusieurs décennies pour atteindre des zones suffisamment vastes et par conséquent doit pouvoir compter sur des financements réguliers et sur une stabilité géographique de l'élevage ;

- le contrôle consiste à abaisser la population de glossines jusqu'à l'obtention d'un seuil où le risque de transmission de trypanosomes est égal à zéro ou tout au moins est le plus faible possible. Cette stratégie pour être efficace, doit être menée à très long terme et sur de vastes surfaces. Il paraît donc indispensable que la population locale s'engage dans cette lutte.

Pour cela, les techniques doivent être assez simples pour pouvoir être appliquées par des non-spécialistes.

Il reste à déterminer où, quand, comment et quelles techniques utiliser ? Cela dépend de nombreux facteurs notamment entomologiques, climatiques, bio-écologiques et socio-économiques. Pour les trypanosomoses animales, l'identification de zones d'interventions prioritaires est un préliminaire à la lutte contre les glossines. En effet, pour agir de manière raisonnée il faut connaître la situation épidémiologique, agro-écologique et socio-économique. Quant aux trypanosomoses humaines, les zones visées sont des zones historiquement endémiques ou devenant endémiques et des zones émergentes.

## II.2. Les méthodes de lutte et l'importance de la lutte insecticide :

### II.2.1. Les méthodes non chimiques :

Ces méthodes ont pour but d'empêcher de manière directe ou indirecte le développement des glossines. Tout d'abord, une action écologique peut être entreprise en modifiant le biotope des glossines : l'homme peut agir sur la végétation en débroussaillant, en mettant des terres en cultures, en éclaircissant une portion de forêt galerie afin d'éloigner les glossines d'un pont, d'un gué ou des points d'abreuvement du bétail. Il peut aussi, plus ou moins, agir sur la faune en supprimant les réservoirs des trypanosomoses ou encore agir sur le réseau hydrographique par des barrages ou des assèchements.

Mais la simple description de ces méthodes en souligne déjà les limites : on ne peut pas modifier la végétation à outrance, ni contrôler les réservoirs sauvages des trypanosomoses. Ces mesures ont été des palliatifs qui permettaient de renforcer, localement d'autres méthodes plus efficaces.

La lutte biologique a été envisagée, notamment avec l'utilisation de prédateurs naturels des pupes de glossines comme les fourmis, les oiseaux, les mangoustes ou de prédateurs de la mouche adulte telles que les araignées ou les guêpes ; mais elle n'est pas réaliste actuellement. Des recherches sont faites aussi sur des organismes nuisibles pour les glossines comme des parasites (des guêpes qui pondent dans les pupes), des champignons, ou encore des virus. On a aussi cherché à supprimer ou modifier des micro-organismes endosymbiotes utiles à la vie de l'insecte ou du trypanosome. Mais ces méthodes biologiques

sont difficilement contrôlables et restent pour beaucoup, encore à l'heure actuelle, à l'état de recherches.

On peut également employer la lutte génétique contre ces insectes : le principe est de lâcher dans la nature des mâles stérilisés par radio- ou chimio-stérilisation pour qu'ils entrent en compétition avec les mâles sauvages. Une femelle ne s'accouplant qu'une fois ou qu'un petit nombre de fois au début de sa vie, si elle rencontre un mâle stérile, elle sera définitivement perdue pour la reproduction. Cette méthode de lutte est intéressante car spécifique et non polluante et elle peut donner des résultats satisfaisants (Cuisance *et al.*, 1984), mais elle présente tout de même des limites : il faut pouvoir produire un grand nombre de mâles stériles (cela nécessite un personnel qualifié et du matériel lourd) ; les lâchés sont indiqués dans une zone où la densité des glossines est relativement basse ou abaissée (nécessité de réduire la densité de glossines au préalable par des méthodes plus rapides) ; il faut pouvoir ensuite protéger cette zone de la ré-invasion des glossines.

D'autres méthodes que l'on pourrait qualifier de « lutte mécanique » consistent à piéger les glossines à l'aide de leurres (pièges et écrans). En 1973, Challier et Laveissière ont mis au point un piège biconique à deux couleurs (bleu et noir) qui va servir de précurseur à de nombreux pièges existant aujourd'hui. Des recherches seront faites afin d'améliorer l'attraction des pièges vis à vis des différentes espèces de glossines aussi bien par des facteurs visuels (Green *et al.*, 1983 ; Green, 1986) qu'olfactifs (Vale, 1980, 1983 ; Politzar & Mérot, 1984 ; Vale *et al.*, 1985a, 1985b, 1988 ; Mérot *et al.*, 1986, 1988 ; Bursell *et al.*, 1988). L'ajout de substances chimiques pourra donc améliorer le rendement de ces pièges et nous nous trouvons ici, à la limite entre la lutte non chimique et la lutte chimique. Le piégeage a pris un grand essor à partir de 1980 dans différents pays.

Ces méthodes que nous venons de citer sont pour certaines anecdotiques, d'autres ne trouvent pas d'applications pratiques satisfaisantes ou encore restent à l'état expérimental ; parmi elles, certaines sont toutefois dignes d'intérêt, mais celles que nous allons aborder maintenant, de par leur efficacité, leur coût et leur faisabilité sont les méthodes les plus utilisées actuellement.

### II.2.2. Méthodes chimiques :

Ces méthodes peuvent être employées à plus ou moins grande échelle. L'utilisation des insecticides à grande échelle peut se faire de deux manières :

- par voie terrestre : il s'agit de pulvérisations de produits rémanents, dont la durée d'action doit être supérieure à celle de la pupaison, qui sont répandus sur les lieux de repos diurne des glossines en saison sèche. Pour cela il faut une végétation accessible aux hommes à pied et cette technique demande un gros effort d'organisation et de planification. Il faut recruter le personnel, acheter le matériel, prévoir les lieux d'accès et en ouvrir, planifier quotidiennement les travaux d'équipe... Qui plus est, cette méthode est lente, d'un coût élevé et peut entraîner des problèmes de pollution temporaire (Cuisance, 1992);

- par voie aérienne : on peut pallier aux problèmes d'accessibilité de certaines zones grâce aux traitements rémanents par hélicoptère. Cela nécessite peu de personnel mais celui-ci doit être très spécialisé. Le coût d'une telle méthode est élevé et les molécules utilisées (DDT, dieldrine) ont été condamnées par les bailleurs de fonds du fait de leur rémanence et donc de leur accumulation possible dans les chaînes trophiques, ce qui fait que les traitements rémanents que ce soit par voie terrestre ou aérienne ont presque totalement disparu. Par contre les traitements non rémanent, séquentiels, par avion sont encore d'actualité pour enrayer certaines épidémies : ils consistent en cinq à six traitements nocturnes espacés de dix à quinze jours. Ils ne sont possibles que sur des zones à végétation ouverte, non accidentées et où il y a une inversion des températures suffisante la nuit pour permettre aux gouttelettes d'insecticide de pénétrer la végétation au niveau des lieux de repos nocturne des glossines.

Ces méthodes chimiques précitées visent toutes à l'éradication des glossines, mais malgré leur grande efficacité, leurs conditions d'application font qu'elles sont peu employées aujourd'hui.

Les insecticides et autres substances chimiques peuvent être utilisées à plus ou moins grande échelle avec les Systèmes Attractifs Toxiques (ou SAT) et avec d'autres méthodes apparentées. Nombreux sont les auteurs qui ont décrit les bons résultats obtenus avec ces méthodes de pièges et écrans imprégnés (Laveissière *et al.*, 1980 et 1981 ; Küpper *et al.*, 1982 ; Dagnogo *et al.*, 1983 ; Mérot *et al.*, 1984 ; Torr, 1985 ; Laveissière *et al.*, 1985b ;



Mawuena *et al.*, 1988 ; Lancien, 1991 ; Cuisance *et al.*, 1994 ; Le Gall *et al.*, 1995 ; Djiteye *et al.*, 1998). La comparaison des supports traités et non traités pour piéger les glossines montrent la supériorité des supports traités (Dagnogo *et al.*, 1986).

Les pièges et les écrans peuvent être accompagnés de différents produits : ce peut être des produits olfactifs comme nous l'avons abordé dans le paragraphe concernant les méthodes non chimiques, ou encore des produits chimio-stérilisant tel que le « bizasir » (Coates *et al.*, 1982 ; Langley *et al.*, 1982 ; Langley & Carlson 1986) ; mais ce type de produit n'étant pas très stable et pouvant se montrer dangereux pour les mammifères, ils ont été remplacés par des IGR (Insect Growth Regulators) c'est à dire, soit des mimétiques de l'hormone juvénile (Langley & Pimley, 1986) qui perturbent la métamorphose, soit des inhibiteurs de la mue. Mais ces produits ont une action qui est plus longue à se manifester et ils ne représentent donc pas une méthode de choix pour abaisser rapidement la densité de glossines dans un foyer de trypanosomose.

Enfin, évidemment, les pièges et les écrans peuvent être imprégnés d'insecticides (Laveissière *et al.*, 1980). Ce sont les pyréthrinoïdes qui sont les plus utilisés aujourd'hui. Leur effet knock-down (paralysie des insectes) après un court contact est d'une grande efficacité (Challier & Salles, 1976 ; Quinlan *et al.*, 1981) : les mouches incapables de se déplacer sont très vite éliminées par les prédateurs (Laveissière *et al.*, 1985b).

Les imprégnations doivent être répétées tous les deux à six mois selon la rémanence du produit, le lessivage (et donc la saison)... Cela implique une présence sur le terrain à des intervalles de temps assez courts et donc une participation de la population devient indispensable et cela n'est pas toujours facile à mettre en place (Kientz, 1992).

Ces méthodes sont séduisantes car elles sont simples, demandent un matériel peu coûteux et réutilisable, elles sont propres, peuvent compléter d'autres méthodes et sont en principe applicables par les populations pour peu que celles-ci soient formées à cet effet. Les pièges permettent également de nombreuses investigations sur la biologie et l'écologie des glossines ce qui leur confère un autre intérêt. Cependant, cela ne permet pas d'aboutir en général à une véritable éradication des glossines mais à son contrôle et il faudra donc maintenir une action à très long terme. L'efficacité de telles méthodes n'est pas la même selon les espèces de glossines ; les imprégnations doivent être renouvelées et le matériel est vulnérable : vols, usure, destruction par les intempéries ou les animaux. En outre, l'attractivité des pièges envers les glossines reste bien inférieure à celle du bétail.

Si on a à faire à des glossines fortement attirées par le bétail, les animaux peuvent jouer le rôle de « pièges vivants » surtout s'il y a une densité suffisante de bêtes traitées (dix animaux au kilomètre carré au minimum). On traite les animaux par des bains (Van Den Bossche, 1988 ; Abiola *et al.*, 1990 ; Okello-Onen *et al.*, 1994 ; Okiria & Kalunda, 1994), par pulvérisations ou grâce à des formulations « pour-on » (Bauër *et al.*, 1993 ; Magona *et al.*, 1998 ; Van Den Bossche & Duchateau, 1998). Ces méthodes ont l'avantage d'être efficaces sur les glossines mais aussi sur d'autres ectoparasites. Elles sont également plus facilement pratiquées par les éleveurs qui préfèrent traiter leur bétail plutôt que des écrans ou des pièges, leur intérêt y est plus évident (ils luttent contre d'autres ectoparasites par la même occasion) et ils peuvent parfois prendre en charge les frais, ce qui devient un gros avantage vu la baisse des financements extérieurs. Par contre la répétition des imprégnations entraîne un coût souvent trop important qui, avec d'autres inconvénients, limite l'utilisation de ces méthodes.

Toutes ces techniques utilisant des insecticides sont aujourd'hui de très loin les plus couramment utilisées pour lutter contre les mouches tsé-tsé, mais des améliorations restent à apporter en ce qui concerne la rémanence et l'efficacité globale des produits, la facilité de mise en œuvre des traitements et par conséquent leur coût.

### II.3. Evolution et perspectives :

Après avoir fait un inventaire succinct des méthodes de lutte existant contre les glossines, il apparaît qu'aucune méthode utilisée seule n'est satisfaisante à long terme et, de plus en plus, une combinaison de plusieurs méthodes semble être la solution (Cuisance *et al.*, 1980 ; Magona *et al.*, 1998 ; Amsler-Delafosse *et al.*, 1995).

La consommation en viande augmentant et la potentialité pastorale importante des zones humides font que l'élevage tend à se développer de plus en plus dans ces zones à risque où les hommes et les animaux vont à la rencontre des glossines. Le problème de la lutte contre les glossines est donc plus que jamais d'actualité. La participation des populations devient ainsi indispensable (Cuisance *et al.*, 1991 ; Gouteux *et al.*, 1990 ; Okdh Koth *et al.*, 1991). Pour cela elles doivent être informées et formées pour la lutte contre les glossines ; elles peuvent par exemple se charger de la pose et de l'imprégnation des pièges et écrans. Mais la ré-imprégnation tous les trois à six mois, ainsi que les dépenses que cela entraîne pour les populations finissent par lasser celles-ci. Elles ne perçoivent d'ailleurs pas toujours très bien l'intérêt qu'elles ont à continuer la lutte quand la densité de glossines a été suffisamment

réduite. Des recherches se poursuivent afin de réduire les coûts tout en conservant une très bonne efficacité. Une meilleure rémanence des produits utilisés pourrait se révéler être une solution (que ce soit pour les applications d'insecticides sur le bétail ou sur les pièges et écrans). Il faut aussi que ces produits soient faciles à employer et ne représentent pas un danger pour la population. Bien sûr il y a de nombreuses autres voies de lutte contre les trypanosomoses autres que celles contre les glossines comme l'intervention contre les parasites : chimioprophylaxie, chimiothérapie... D'autres méthodes de lutte contre les glossines les plus écologiques possibles représentent également un autre volet de la recherche (comme nous l'avons abordé dans la partie II.2.1.).

Dans notre étude, nous avons testé un insecticide d'une nouvelle famille (les pyrazolés) : le fipronil, dont la rémanence paraît très intéressante a priori et qui a déjà une efficacité connue sur d'autres arthropodes nuisibles pour le bétail (comme les tiques par exemple : Davey *et al.*, 1998) avec l'espoir qu'il soit très efficace contre les glossines, nous offrant ainsi de nouvelles perspectives dans la lutte contre ces insectes. Il est comparé à la deltaméthrine, insecticide bien connu servant de référence.

En outre, l'usage d'une molécule nouvelle dont le mode d'action diffère de celui des pyréthrinoides permettrait de prévenir d'éventuels problèmes de résistance des glossines à des insecticides déjà largement utilisés.



### III. Etude expérimentale :

#### III.1. Les principes actifs utilisés dans cette étude :

##### III.1.1. La deltaméthrine (molécule, mode d'action, utilisation) :

##### III.1.1.1. La molécule et ses propriétés :

La deltaméthrine (voir figure 1 pour la structure de la molécule) est un pyréthriinoïde de deuxième génération, photostable. Elle se présente sous la forme d'une poudre blanche thermostable jusqu'à 190°C et faiblement volatile. Elle est soluble dans les solvants organiques et sa photostabilité est de trois à quatre semaines.

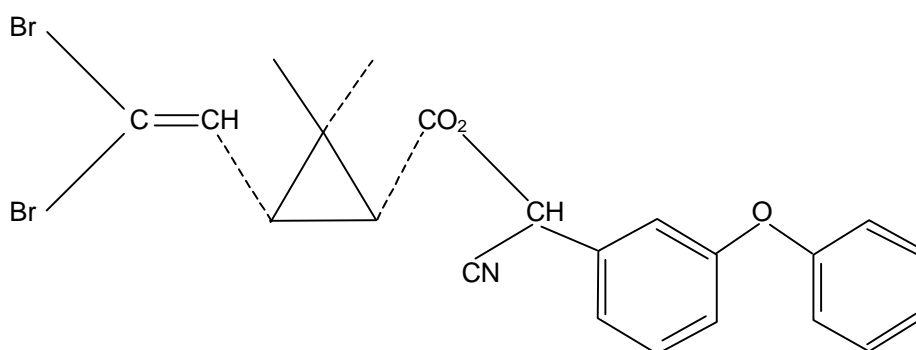


Fig. 1. Structure de la molécule de deltaméthrine (C<sub>22</sub>H<sub>19</sub>Br<sub>2</sub>NO<sub>3</sub>)

##### III.1.1.2. Mode d'action et toxicité :

Le mode d'action des pyréthriinoïdes (voir le tableau 2 qui suit) est complexe et encore imparfaitement élucidé (Carle, 1985). Comme les autres pyréthriinoïdes cet insecticide entraîne un dysfonctionnement des canaux sodium. Les sites d'action concernent aussi bien le système nerveux central que périphérique. Les effets neurotoxiques et neurohormonaux additionnés entraînent certainement des déséquilibres ioniques susceptibles de modifier les activités des ATPases membranaires qui finissent par conduire à la mort.

Types d'action	Sites	Mécanismes physiologiques	Effets
SYSTEMES NEURAU			
Niveau membranaire	<i>ionophores Na<sup>+</sup></i> <i>ATPases</i>	modification des courants ioniques	blocage ou activité répétitive
	Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> dépendant Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup> dépendant	inhibition d'activité	épuisement énergétique
Niveau synaptique	<i>récepteurs de l'acide kaïnique</i> postsynaptiques présynaptiques	épuisement énergétique cellulaire	libération d'acides aminés excitateurs endogènes
	<i>récepteurs nicotiniques</i> postsynaptiques	modification des courants ioniques	inhibition d'entrée des ions Ca <sup>++</sup>
	<i>Récepteurs GABA</i> présynaptiques	inhibition du GABA	blocage neuromusculaire
Niveau neurohormonal	<i>Ionophores Ca<sup>++</sup></i> <i>Ionophores Na<sup>+</sup></i>	modification des courants ioniques	libération de neurohormones
SYSTEMES NON NEURAU			
actifs durant pharmacodynamique (pénétration, transport, distribution, stockage excrétion)	<i>tous tissus</i> hémolymph corde nerveuse tissus adipeux cuticule etc. <i>tous tissus</i>	estérases oxydases  ?	détoxication détoxication  autotoxines

Tabl. 2. Mode d'action des pyréthrinoides (d'après Carle, 1985)

Il existe différentes phases d'action des pyréthrinoides sur les insectes : tout d'abord il y a une phase d'excitation intense suivie d'une paralysie générale (effet Knock-Down ou KD). L'insecte peut par la suite recouvrer ses facultés motrices ou bien mourir selon la dose utilisée (Herve, 1982).

La toxicité de la deltaméthrine envers les mammifères est faible (le tableau 3 ci-dessous donne à titre indicatif les DL50 chez le rat). La molécule de deltaméthrine est dégradée rapidement même si elle peut parfois être stockée dans la graisse et donc être éliminée plus lentement.

<b>Toxicité de la deltaméthrine</b>		
DL50 par voie orale chez le rat	DL50 par voie percutanée chez le rat	DL50 par inhalation (4h) chez le rat
135 à 5000mg/kg	>2000mg/kg	2.2mg/l

Tabl. 3. Toxicité de la deltaméthrine chez le rat (d'après The Pesticide Manual, 1997)

A moyen et long terme il n'y a donc pas d'effet toxique majeur. Une irritation des muqueuses et de la peau est possible si des précautions ne sont pas prises lors de l'utilisation de l'insecticide. Par voie orale une symptomatologie classique (par action sur le système nerveux) est observée : troubles digestifs, contractions musculaires... Aucun pouvoir tératogène, mutagène ou cancérigène n'a pu être mis en évidence (Glomot, 1982).

La deltaméthrine a donc une large sécurité d'emploi grâce aux transformations métaboliques rapides subies chez les mammifères contrairement à ce qui se passe chez les insectes. On peut renforcer cette sécurité en utilisant des formulations particulières qui ne modifient pas l'activité insecticide.

#### III.1.1.3. Utilisation de la deltaméthrine :

La deltaméthrine est utilisée dans de nombreux domaines comme celui de la protection des cultures (vignes, cultures maraîchères, vergers, coton, colza, tabac) ; on l'utilise également dans l'hygiène publique en usage domestique contre les mouches, moustiques et blattes (peintures, papiers peints...). Enfin elle permet la destruction de nombreux vecteurs de grandes endémies telles la dengue, le paludisme, l'onchocercose et bien sûr les trypanosomoses.

L'efficacité de la deltaméthrine dans la lutte contre les glossines n'est plus à démontrer (Merot *et al.*, 1984 ; Djiteye *et al.*, 1998 ; Dagnogo, 1983 ; Van Den Bossche & Duchateau, 1998 ; Bauer *et al.*, 1993 ; Okello-Onen *et al.*, 1994 ; Okiria & Kalunda, 1994 ; Abiola *et al.*, 1990) ; nous l'utiliserons donc comme témoin positif dans notre étude.

### III.1.2. Le fipronil (molécule, mode d'action, utilisation) :

#### III.1.2.1. La molécule et ses propriétés :

Le fipronil appartient à la famille des phénylpyrazolés. La première synthèse d'un phénylpyrazole a eu lieu en 1979, et c'est en 1987 que le fipronil a été découvert.

Le fipronil (voir la figure 2 ci-dessous pour la structure de la molécule) se présente sous la forme d'une poudre cristalline blanche liposoluble, faiblement volatile qui peut se conserver jusqu'à 50°C. Il se dégrade par différentes voies dans l'eau et le sol : réduction et oxydation dans le sol, hydrolyse et photolyse dans l'eau et le sol.

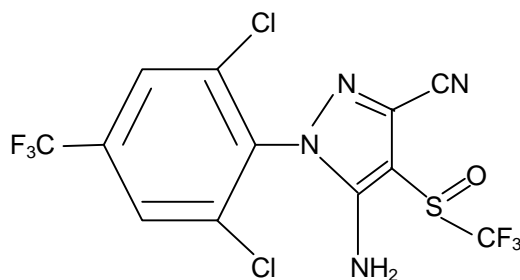


Fig. 2. Structure de la molécule de fipronil (C<sub>12</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>F<sub>6</sub>N<sub>4</sub>OS).

#### III.1.2.2. Mode d'action et toxicité :

Comme la plupart des insecticides, le fipronil agit au niveau du système nerveux central des insectes. Il bloque le passage des ions chlorures dans les cellules nerveuses par inhibition de l'acide gamma aminobutyrique (GABA). Le GABA permet, dans les conditions



normales, la pénétration des ions chlorures par les canaux chlorures dans la cellule nerveuse entraînant ainsi une dépolarisation de celle-ci et une baisse de son activité électrique. Le fipronil entraîne une hyperpolarisation de la cellule et empêche donc la régulation de l'activité électrique des cellules nerveuses des insectes ce qui entraîne leur mort à partir d'une certaine dose.

L'affinité du fipronil pour les récepteurs GABA des invertébrés est bien supérieure à celle pour ceux des mammifères (chez qui les ions chlorures arrivent à passer), ce qui confère à cette molécule une toxicité sélective très intéressante (Cole *et al.*, 1993). Le tableau 4 ci-dessous donne à titre indicatif les DL50 chez le rat :

Toxicité du fipronil		
DL50 par voie orale chez le rat	DL50 par voie percutanée chez le rat	DL50 par inhalation (4h) chez le rat
95mg/kg	>2000mg/kg	0.682mg/l

Tabl. 4. Toxicité du fipronil chez le rat (d'après The Pesticide Manual, 1997)

### III.1.2.3. Utilisation du fipronil :

Le fipronil est largement utilisé dans différents domaines, comme dans la lutte contre les ectoparasites (puces, tiques...) des animaux de compagnie (Postal *et al.*, 1995 ; Curtis, 1996 ; Atwell *et al.*, 1996 ; Chadwick, 1997). Il est aussi employé en agrochimie dans la lutte contre les ravageurs des cultures tels les criquets, sauteriaux, taupins (Lacombe, 1993 ; Balança & De Vissher, 1997 ; Mouhim *et al.*, 1996), et dans la lutte contre les parasites du bétail (Davey *et al.*, 1998 ; Araujo *et al.*, 1998). On l'utilise également pour l'hygiène publique contre les mouches et les blattes (Kaakeh *et al.*, 1997 ; Scott & Wen, 1997).

Dans la lutte antiacridienne les études sur le terrain ont montré que le fipronil même utilisé à faibles doses avait une rémanence très intéressante (Diop & Launois-Luong, 1995).

L'efficacité du fipronil sur d'autres insectes parasites du bétail et sa rémanence à faible dose en font une molécule particulièrement intéressante à tester en laboratoire sur les glossines en observant son action et en la comparant à celle de la deltaméthrine.

### III.2. Matériel et méthodes :

Cette étude a pour but d'évaluer les incidences d'un nouvel insecticide, le fipronil, sur deux sous-espèces de glossines en comparaison avec un insecticide déjà utilisé contre les glossines : la deltaméthrine.

#### III.2.1. Protocoles :

##### III.2.1.1. Comparaison entre le fipronil et la deltaméthrine appliqués par contact tarsal sur les glossines :

###### III.2.1.1.1. Paramètres expérimentaux :

Ces expériences se déroulent dans des conditions maîtrisées : la température est vérifiée quotidiennement et reste sensiblement constante autour de 24° C. L'humidité est contrôlée par un hygrostat et enregistrée, elle oscille autour de 65%. La lumière artificielle est réglée sur 12 heures d'éclairage et 12 heures d'obscurité par jour.

Les seules variables dans ces expériences seront le temps et/ou le nombre de contacts tarsaux des glossines avec les papiers Whatman imprégnés d'insecticide à une concentration donnée. Les différents temps de contacts tarsaux sont les suivants :

- une fois 5 secondes ; il correspond au temps moyen de contact entre les glossines et les pièges et écrans observé sur le terrain (Laveissière *et al.*, 1985b).

- une fois 30 secondes ; il correspond environ au temps moyen de contact d'une glossine avec son hôte nourricier pendant un repas (Austen, 1903).

Dans une autre expérience, ces temps de contact seront renouvelés trois fois à 48 heures d'intervalle afin de déterminer s'il y a un effet d'accumulation des produits insecticides. Ce renouvellement du contact tend aussi à reproduire ce qui peut avoir lieu sur le terrain : une glossine ne se nourrit pas qu'une fois, de même elle peut se retrouver plusieurs fois en contacts avec des leurres (pièges ou écrans) si la mort n'est pas immédiate.

### III.2.1.1.2. Matériel biologique :

Les sous-espèces de glossines ont été choisies parmi les cinq sous-espèces élevées en routine par le docteur Cuisance dans le laboratoire du CIRAD – EMVT de Montpellier pour leur importance en médecine vétérinaire et humaine. Nous avons utilisé, en lots séparés, une sous-espèce de glossines de savane : *Glossina morsitans morsitans* et une sous-espèce de glossines de galerie forestière : *Glossina palpalis gambiensis*. Les tests ont été effectués uniquement sur des femelles (afin de limiter le nombre de lots) à deux âges différents :

- des glossines ténérales (juste nées et prélevées le matin même de l'expérience) considérées comme « glossines standards » car ayant le même statut physiologique ;
- des glossines âgées de plus de deux mois, gravides, considérées comme plus résistantes en général aux insecticides (Riordan, 1987 ; Hadaway, 1972 ; Burnett, 1962 ; Kwan *et al.*, 1982) et qui permettront d'observer les effets sur la reproduction s'il y en a.

Trois lapins de race Néo-zélandaise (lapins aux grandes oreilles) nous ont servi à nourrir les glossines : le lapin A nourrit exclusivement les glossines traitées au fipronil, le lapin B celles traitées à la deltaméthrine et le lapin C les glossines témoins.

Les cages de Roubaud contenant les glossines sont placées sur les oreilles des lapins (eux-mêmes dans des cages de contention) et maintenues par un élastique pendant 2 à 3 minutes. Pour les expériences avec un contact unique, les glossines sont ainsi nourries tous les jours en fin d'après-midi, en commençant le lendemain du contact avec l'insecticide. Pour les expériences à trois contacts, les glossines sont mis au contact de l'insecticide les jours J0, J2 et J4 et nourries les jours J1, J3 et J5 la première semaine puis tous les jours la semaine suivante.

### III.2.1.1.3. Matériel utilisé :

Pour chaque expérience, impliquant trois lots de mouches (fipronil, deltaméthrine et témoin), nous avons utilisé :

- trois paires de gants, trois pinces et trois tubes à essai ;
- un chronomètre ;
- trois cages à contention pour les lapins
- quatre cages de Roubaud (pour les mouches âgées et ténérales de chaque sous-espèce de glossine) ;
- douze gobelets en plastique avec pour chacun un morceau de tulle trouée en son centre, un élastique et un morceau de coton pour fermer le gobelet ;
- douze cages de Roubaud étiquetées qui reçoivent les glossines par catégories (âge, sous-espèce et produit) le lendemain de la manipulation. Ces cages permettent le nourrissage des glossines ;
- douze ramequins dans lesquels sont posées les cages et qui serviront à la collecte quotidienne des pupes pour les glossines âgées ;
- une balance (balance Precisa, 410 AM.FR) pour peser les pupes ;
- six piluliers où seront stockées les pupes de chaque catégorie de glossines jusqu'au moment de l'éclosion ;
- huit disques imprégnés de fipronil à la dose de 300 mg/m<sup>2</sup> ;
- huit disques imprégnés de deltaméthrine à la dose de 45 mg/m<sup>2</sup> ;
- huit disques non imprégnés qui servent de témoins.

L'imprégnation des disques a été réalisée chaque semaine. Nous voulions nous baser au départ sur les doses utilisées en pratique sur les bovins. En considérant qu'un bovin adulte qui pèse 520 kg a une surface corporelle de 5.7 m<sup>2</sup> et qu'un disque de papier Whatman de 9 cm de diamètre nécessite l'application de 800 µl de solution d'insecticide :

- la dose de deltaméthrine utilisée en pulvérisation sur le bovin est de 3 litres à 25 ppm soit 75 mg, ce qui correspond à 13.2 mg/m<sup>2</sup> ; il nous faudra donc  $75/5.7 \times [6.36 \times 10^{-3}]/[8 \times 10^{-4}] = 104.6$  mg/l. Les dilutions sont faites pour obtenir 50 ml de solution ; on dilue donc 5.2 mg de deltaméthrine dans 50 ml d'acétone ;

- la dose de fipronil utilisée sur le bovin est de 50 ml soit 500 mg ce qui correspond à  $87.7 \text{ mg/m}^2$  ; il nous faudra donc  $500/5.7 \times [6.36 \times 10^{-3}] / [8 \times 10^{-4}] = 697.4 \text{ mg/l}$ . Les dilutions sont faites pour obtenir 50 ml de solution ; on dilue donc 34.9 mg de fipronil dans 50 ml d'acétone.

On prépare 25 disques avec 20 ml de chaque solution obtenue.

Ces dilutions n'ayant pas donné les résultats escomptés avec la deltaméthrine qui est notre molécule de référence, nous décidons d'augmenter les doses.

Nous utiliserons donc une dose de  $45 \text{ mg/m}^2$  pour la deltaméthrine (soit 17.8 mg pour 50 ml), ce qui correspond à des doses déjà expérimentées dans ce même laboratoire auparavant. Nous augmentons proportionnellement les doses de fipronil et nous passons donc à  $300 \text{ mg/m}^2$  pour le fipronil (soit 119.4 mg/m<sup>2</sup>).

#### III.2.1.1.4. Réalisation des manipulations :

Les glossines sont prélevées les jours où ont lieu les expériences, dans l'élevage du CIRAD-EMVT. On prévoit de prélever trois fois 15 glossines de chaque catégorie (2 sous-espèces, 2 âges) par semaine pendant deux semaines ; ce qui nous ferait au total 90 glossines par catégorie et par produit. Les disponibilités de la production journalière de l'élevage feront varier quelque peu ces chiffres (voir la partie concernant les résultats).

Le jour de l'expérience, les mouches sont collectées et triées dans des cages de Roubaud par catégorie (âge et sous-espèce). Les manipulations seront identiques pour chaque produit : le fipronil, la deltaméthrine et le lot témoin. A l'aide d'une pince on dispose un disque imprégné sur la table. On capture les glossines une à une dans un tube à essai. On fait tomber l'insecte sur nos doigts (gantés) et on le saisit par les pattes, ce qui nous permet ensuite de l'attraper entre le pouce et l'index (de l'autre main) par les ailes. La glossine est alors maintenue en contact tarsal sur 1/4 de disque imprégné pendant 5 ou 30 secondes selon l'expérience. On relâche enfin la glossine dans un gobelet que l'on referme aussitôt avec un morceau de coton.

Ces mêmes gestes sont répétés pour chaque lot de glossines en prenant les précautions suivantes afin d'éviter la mise en contact d'une même glossine avec différents insecticides : on utilise une pince, une paire de gants et un tube à essai différent pour chacun des produits ; une feuille de papier absorbant recouvre la table de travail et est changée entre les différents produits.

Lorsque les expériences comprennent plusieurs contacts on procède de la même manière, avec les mêmes précautions, la seule différence résidant dans le fait qu'on utilise les mêmes glossines lors des trois manipulations à 48 heures d'intervalle (on élimine au fur et à mesure les glossines mortes).

#### III.2.1.1.5. Recueil des observations :

Le comportement des glossines est observé gobelet par gobelet dans la demi-heure, l'heure et les deux heures qui suivent la manipulation. Les jours suivant l'expérience on compte et on enlève des cages les glossines mortes. On récolte et pèse quotidiennement les pupes pour les cages des glossines âgées. Les pupes sont ensuite stockées dans des piluliers dont on extraira les glossines au fur et à mesure des éclosions en prenant soin de noter le sexe des nouveau-nés. Ceux-ci seront ensuite éliminés par le froid dans un congélateur.

Tous ces résultats seront notés au fur et à mesure dans des tableaux prévus à cet effet.

#### III.2.1.2. Expérience de nourrissage de glossines sur des oreilles de lapins traitées au fipronil :

##### III.2.1.2.1. Matériel biologique :

Ont été utilisés pour cette expérience :

- deux lapins Néo-zélandais ;
- 2 lots de 40 individus de *Glossina morsitans morsitans*, disposés par 5 dans des cages de Roubaud ;
- 2 lots de 40 individus de *Glossina palpalis gambiensis*, disposés par 5 dans des cages de Roubaud.

Pour cette expérience les glossines sont âgées de une à trois semaines.

##### III.2.1.2.2. Matériel utilisé :

Pour les besoins de cette expérience, nous avons utilisé :

- un chronomètre ;

- 32 cages de Roubaud ;
- deux cages à contention pour les lapins.

L'insecticide utilisé est le fipronil (frontline ® en pulvérisateur) à la concentration de 2.4 mg/ml. Une pression délivrant 0.1 ml, le lapin traité recevra 10 pulvérisations par oreille (quantité estimée suffisante pour recouvrir la surface entière d'une oreille).

### III.2.1.2.3. Réalisation des expériences :

Avant chaque expérience les glossines ne sont pas nourries pendant deux jours.

On réalise une expérience préliminaire afin d'évaluer d'éventuelles différences entre lapins : les mouches sont disposées par espèce 10 par 10 dans des cages de Roubaud. Huit cages de *Glossina morsitans morsitans* numérotées de 1 à 8 et huit cages de *Glossina palpalis gambiensis* numérotées de 9 à 16. Les deux lapins qui serviront à l'expérience sont identifiés, il y a le lapin A et le lapin B. Cette expérience préliminaire vise à évaluer le nombre de glossines qui se nourrissent sur un lapin en 10 minutes et on vérifiera par la même occasion si les glossines se nourrissent de façon identique sur le lapin A et sur le lapin B.

On va donc nourrir pendant 10 minutes les cages 1 à 4 et 9 à 12 sur le lapin A et les cages 5 à 8 et 13 à 16 sur le lapin B. Deux jours après les cages nourries sur le lapin A le seront sur le lapin B et inversement. Au bout des 10 minutes on totalisera le nombre de mouches gorgées par cage et on évaluera s'il y a une différence significative entre lapins.

L'expérience proprement dite vise à évaluer l'incidence que pourrait avoir le fipronil appliqué sur les oreilles d'un lapin sur la prise de nourriture des glossines. On pulvérise 1 ml de fipronil sur chaque oreille du lapin A (ce qui représente 10 pulvérisations par oreille). Le traitement est effectué le matin et les mouches (qui ont servi lors des expériences préliminaires) seront nourries l'après-midi.

Les mouches à jeun depuis deux jours, sont séparées en deux lots :

- 40 *Glossina morsitans morsitans* et 40 *Glossina palpalis gambiensis* (soit 2x8 cages) qui seront nourries sur le lapin A (traité) pendant 10 minutes ;

- 40 *Glossina morsitans morsitans* et 40 *Glossina palpalis gambiensis* (soit 2x8 cages) qui seront nourries sur le lapin B (non traité) pendant 10 minutes.

Toutes les minutes on notera le nombre de mouches posées sur l'oreille du lapin, le nombre de mouches en train de piquer l'oreille et le nombre de mouches gorgées. Ces résultats seront notés dans des tableaux au fur et à mesure de l'expérience.

### III.2.2. Problèmes rencontrés :

L'intérêt de ce paragraphe est purement pratique et devrait pouvoir éviter une certaine perte de temps pour de futures expérimentations.

Le plus important des freins à ce genre d'expériences est le nombre réduit de glossines que l'on peut prélever par jour : en effet les naissances ne sont pas toujours très régulières (ce qui nous handicape pour avoir un nombre constant et suffisant de glossines ténérales chaque jour de manipulation) et nous ne pouvons pas prélever autant de glossines âgées que nous le voudrions car il faut maintenir un nombre minimum d'insectes dans l'élevage.

La manipulation des mouches âgées par les ailes n'est pas aisée car celles-ci sont souvent très abîmées par les frottements contre les cages. Leur manipulation est ainsi peut-être un peu plus traumatisante que celle des ténérales ; c'est pour ces deux dernières raisons que nous n'avons pas pu utiliser des glossines âgées pour les expériences à trois contacts tarsaux successifs.

L'observation de l'effet knock-down est très délicat à réaliser dans les cages de Roubaud car les mouches, même paralysées, restent accrochées au tulle par les griffes et on ne les comptabilise alors pas comme il le faudrait ; l'utilisation des gobelets est donc bien plus fiable puisque les mouches qui subissent l'effet KD ne peuvent rester accrochées aux parois.



### III.3. Résultats :

Pour des raisons de commodité, les résultats seront illustrés dans cette partie par des graphiques et des tableaux ; les relevés des valeurs expérimentales ainsi que certains détails de calculs sont présentés en annexe.

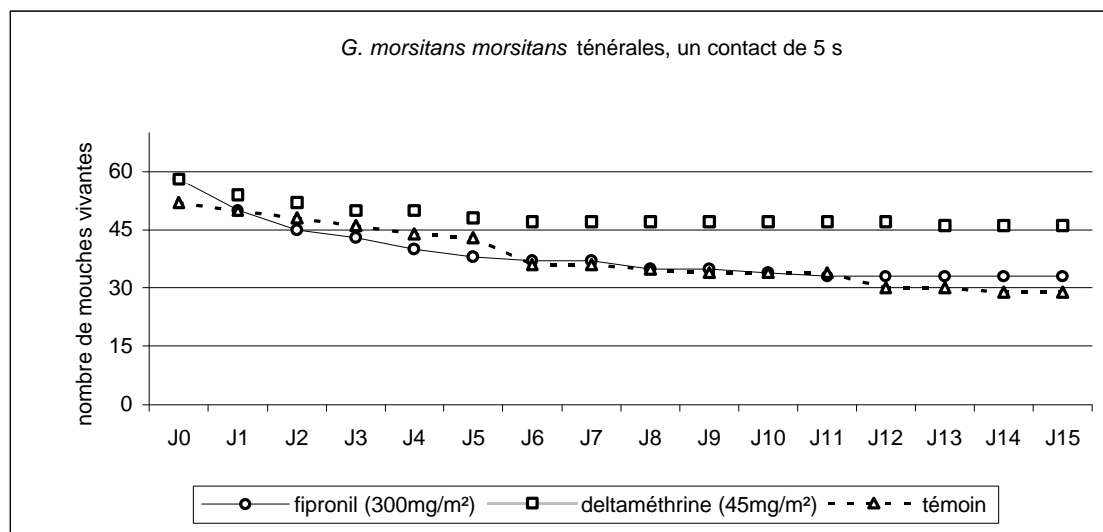
#### III.3.1. Comparaison de la deltaméthrine et du fipronil appliqués par contact tarsal :

##### III.3.1.1. Séries d'expériences avec contact unique :

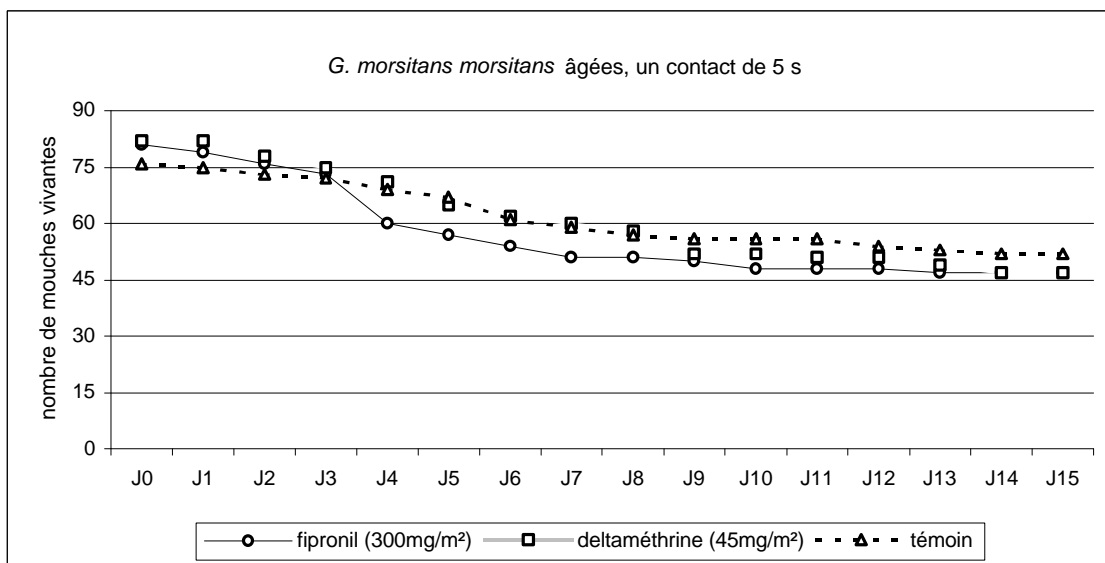
##### III.3.1.1.1. Contact unique de 5 secondes :

Nous rappelons que pour ces expériences nous avons fait les tests de deux produits (deltaméthrine, fipronil) ainsi qu'un test témoin (sans insecticide) sur des mouches ténéales de *Glossina morsitans morsitans*, des ténéales de *Glossina palpalis gambiensis* et des mouches âgées de chacune des deux sous-espèces.

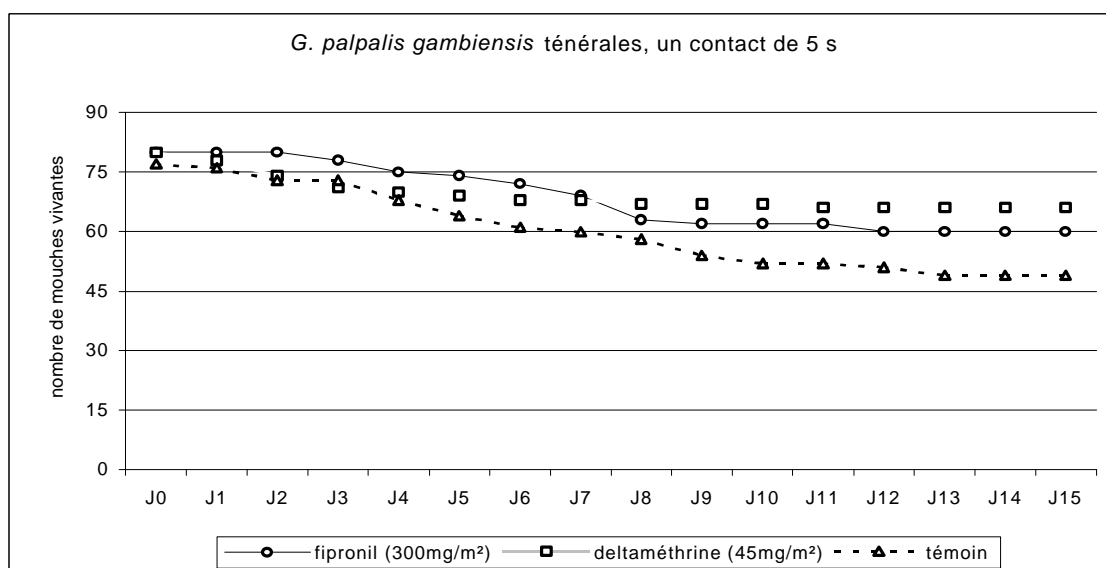
Nous donnons ci-dessous sous forme de graphiques les résultats de ces expériences d'un contact unique de 5 secondes (graphiques 1 à 4).



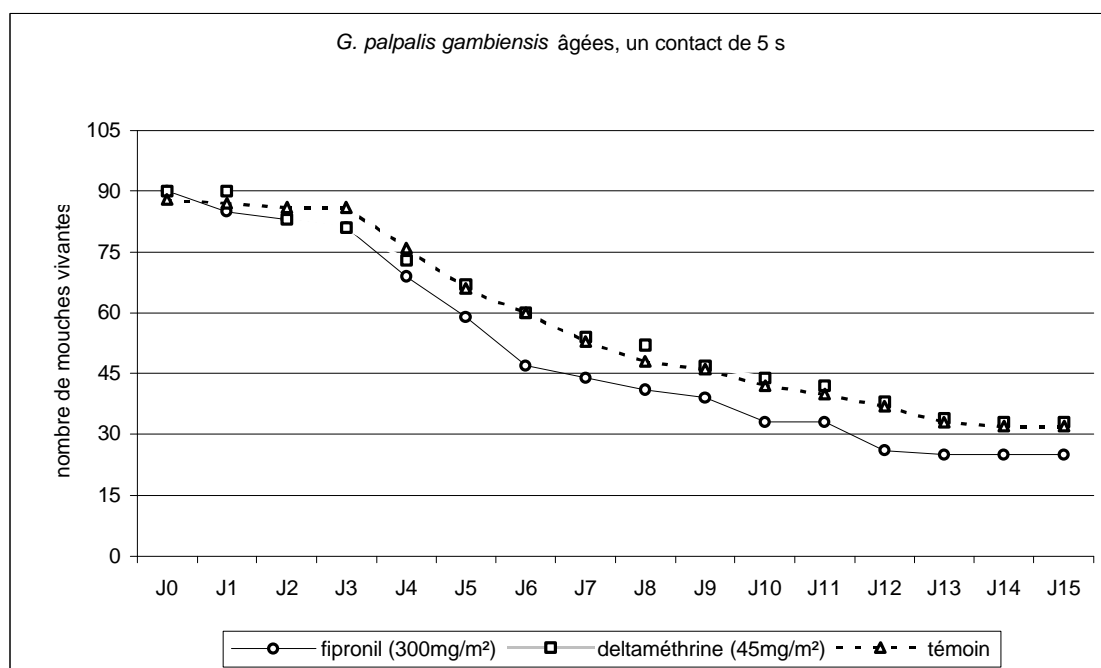
Graph.1 : Evolution de l'effectif de *Glossina morsitans morsitans* ténéales après un contact de 5 secondes avec les insecticides.



Graph.2 : Evolution de l'effectif de *Glossina morsitans morsitans* âgées après un contact de 5 secondes avec les insecticides.



Graph.3 : Evolution de l'effectif de *Glossina palpalis gambiensis* ténéales après un contact de 5 secondes avec les insecticides.

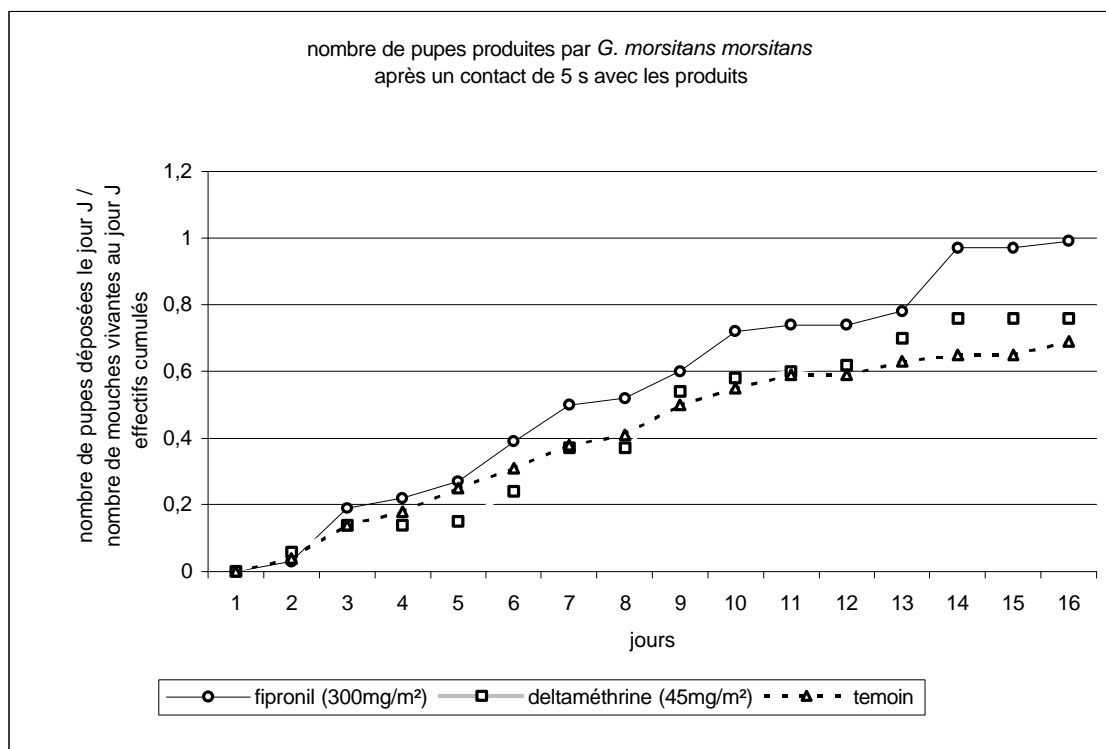


Graph.4 : Evolution de l'effectif de *Glossina palpalis gambiensis* âgées après un contact de 5 secondes avec les insecticides.

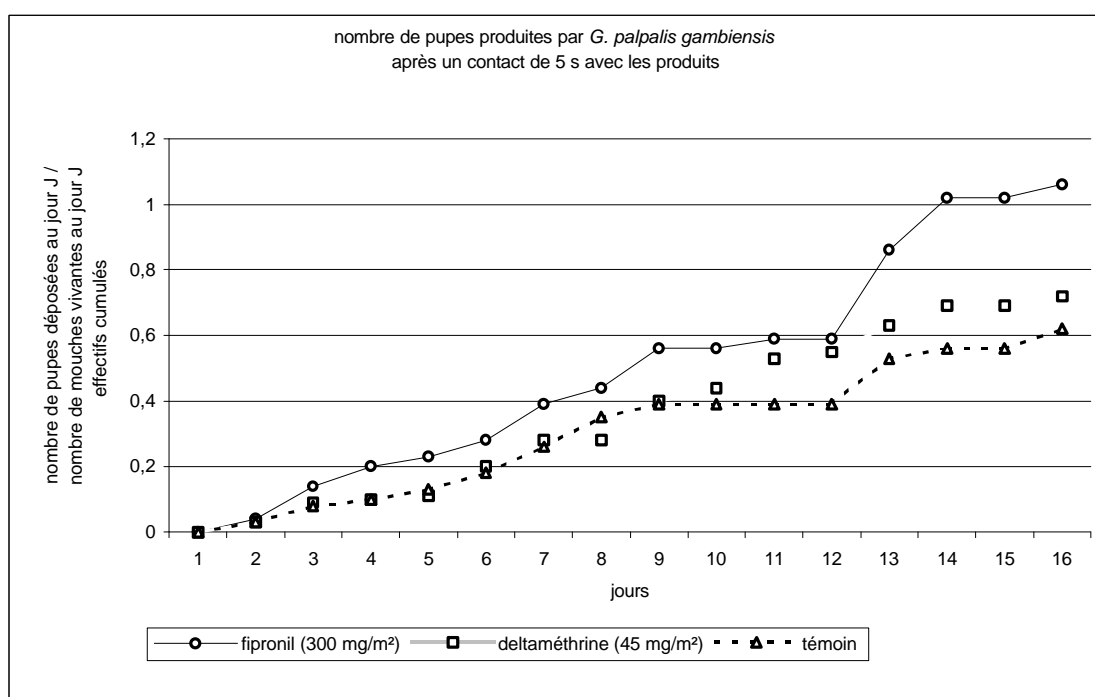
Ces résultats (voir annexe 1 et 3), ne montrent pas de différence significative entre les mouches traitées et les témoins, quelles que soient les catégories (sous-espèce, âge) considérées ; ceci nous amène à penser que les produits insecticides utilisés n'ont pas d'action intéressante à ces doses et pour un contact tarsal unique de 5 secondes.

D'une façon générale on constate que les mouches âgées souffrent plus particulièrement des manipulations, car la mortalité sur 15 jours est très prononcée dans ces lots de mouches : environs 42% pour *G. morsitans morsitans* traitées et environs 65% pour *G. palpalis gambiensis* ; y compris dans les lots témoins : 31% pour *G. morsitans morsitans* et 63% pour *G. palpalis gambiensis* (voir graph. 2 et 4).

Les résultats concernant la reproduction sont donnés ci-dessous sous forme de graphiques (graph. 5 et 6) ; les valeurs détaillées sont présentées en annexe ( voir annexe 4 à 6)



Graph.5 : Evolution de la production journalière de pupes par femelle, pour *Glossina morsitans morsitans* après un contact de 5 secondes avec les produits.



Graph.6 : Evolution de la production journalière de pupes par femelle, pour *Glossina palpalis gambiensis* après un contact de 5 secondes avec les produits.

Ces graphiques nous montrent l'effet de la deltaméthrine et du fipronil sur la production de pupes, en comparaison à un lot témoin. Pour vérifier statistiquement l'existence d'un effet des insecticides, nous avons réalisé un test de comparaison des moyennes du nombre de pupes produites par jour et par femelle, pour chacune des deux sous-espèces.

Nous avons effectué un test de comparaison de deux moyennes expérimentales dans le cas d'échantillons indépendants de grande taille ( $n > 30$ ) ; il s'agit d'un test d'homogénéité. L'hypothèse nulle est l'absence de différence significative entre les moyennes ; nous calculons la valeur\* de  $u = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)}}$  et pour un risque  $\alpha$  de 5%, on a une valeur de  $u_\alpha$  de 1.96.

L'hypothèse nulle sera rejetée si  $u \notin ]-u_\alpha, u_\alpha[$ .

La variable testée ici est le nombre de pupes déposées par jour et par femelle ; notre valeur moyenne est donc calculée ainsi :

$$\bar{X} = \left( \sum_{j=0}^{j=15} \frac{\text{nombre de pupes déposées au jour J}}{\text{nombre de glossines vivantes au jour J}} \right) / 16$$

Le tableau 5 ci-dessous indique les valeurs de « u » pour chaque comparaison que nous avons effectuée ; les valeurs en caractère gras sont celles pour lesquelles il y a une différence significative entre les moyennes, au risque 5%.

	Fipronil \ Témoin	Deltaméthrine \ Témoin
<i>G. morsitans morsitans</i>	<b>u=2.65</b>	u=0.75
<i>G. palpalis gambiensis</i>	<b>u=3.12</b>	u=1.23

Tabl. 5 : Résultats des tests de comparaison des moyennes du nombre de pupes déposées par jour et par femelle chez les glossines, après un contact de 5 secondes avec les produits.

A la vue de ces résultats, seul apparaît un effet net du fipronil (à 300 mg/m<sup>2</sup>, pour un contact unique de 5 secondes) sur la production journalière de pupes par les glossines. L'effet du fipronil (voir graph. 5 et 6) se traduit par une augmentation du nombre de pupes produites ; cet effet s'accompagne aussi d'une diminution du taux d'éclosion (voir tableau 6), en particulier chez *Glossina palpalis gambiensis*.

\* où x est la variable étudiée, n l'effectif de la population, et s l'écart type de la variable étudiée.

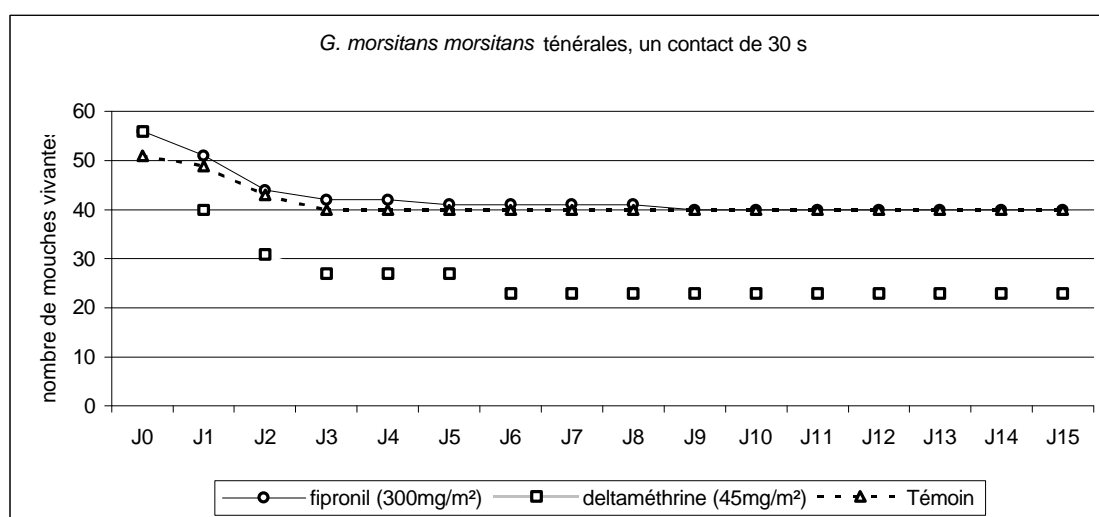
	Fipronil	Deltaméthrine	Témoin
<i>G. morsitans morsitans</i>	86.2 %	96.1 %	91.1 %
<i>G. palpalis gambiensis</i>	52.9 %	75 %	82 %

Tabl. 6. Taux d'éclosion des pupes recueillies dans l'expérience du contact unique de 5 secondes.

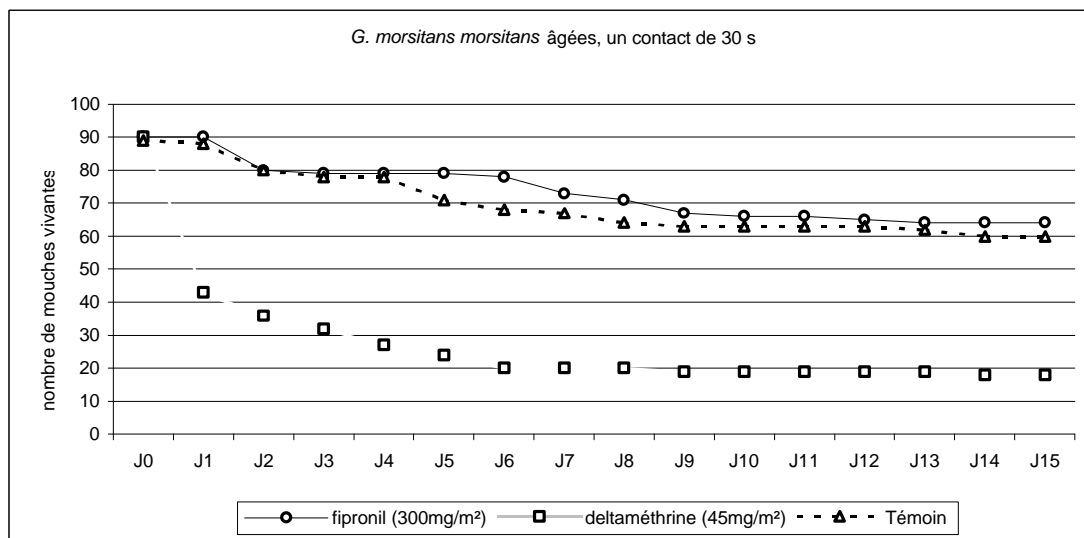
Dans notre expérience, nous avons également pesé les pupes au moment de leur collecte (qui était effectuée quotidiennement). Ces résultats sont représentés dans des tableaux en annexe (annexe 5). Il n'y a pas de différence significative entre le poids des pupes déposées par les mouches traitées (poids moyen pour *G. morsitans morsitans* = 26.53 mg pour le fipronil et 26.84 pour la deltaméthrine et pour *G. palpalis gambiensis* respectivement 23.54 et 22.63) et celles déposées par les témoins (poids moyen pour *G. morsitans morsitans* = 26.82 mg et pour *G. palpalis gambiensis* 24.75 mg), (voir annexe 6 pour le test de comparaison de moyennes des poids des pupes).

#### III.3.1.1.2. Contact unique de 30 secondes :

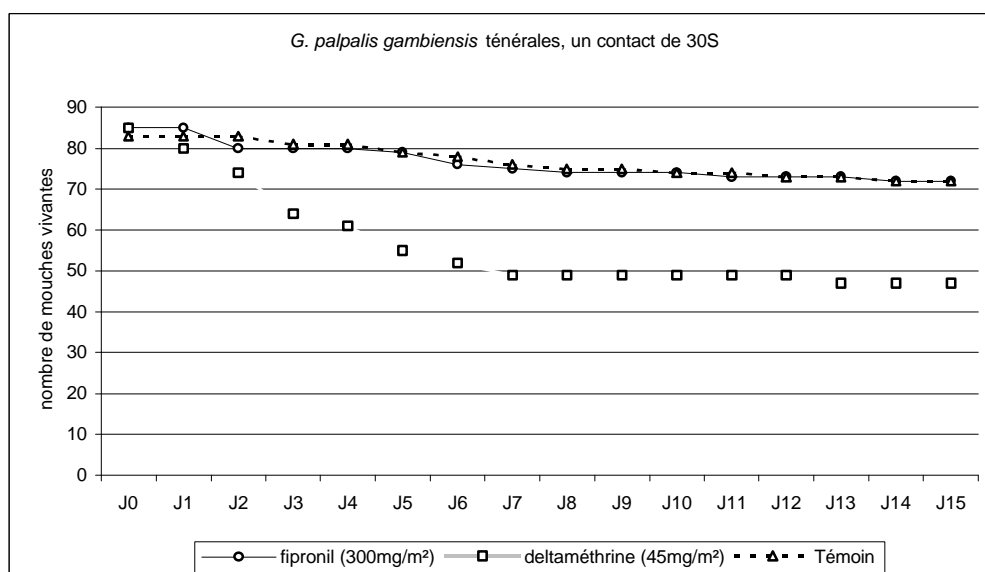
Cette série d'expérience utilise le même protocole que précédemment. Les graphiques ci-après illustrent les résultats de ces expériences d'un contact unique de 30 secondes (graphiques 7 à 10).



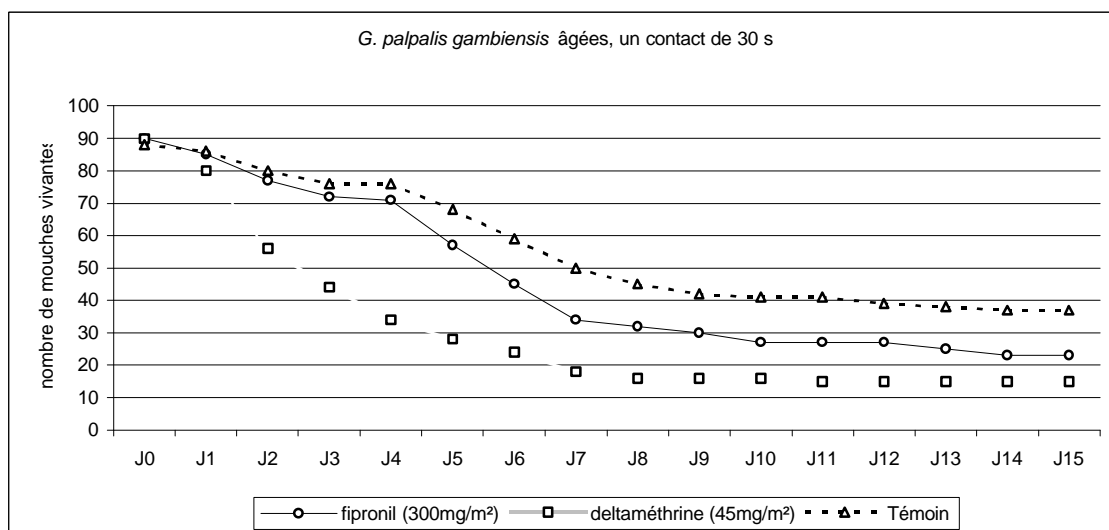
Graph. 7 : Evolution de l'effectif de *Glossina morsitans morsitans* ténéales après un contact de 30 secondes avec les insecticides.



Graph. 8: Evolution de l'effectif de *Glossina morsitans morsitans* âgées après un contact de 30 secondes avec les insecticides.



Graph. 9 : Evolution de l'effectif de *Glossina palpalis gambiensis* ténéales après un contact de 30 secondes avec les insecticides.



Graph. 10 : Evolution de l'effectif de *Glossina palpalis gambiensis* âgées après un contact de 30 secondes avec les insecticides.

Dans ces expériences, l'efficacité de la deltaméthrine est très visible, dès le premier jour de l'expérience. Le test du khi-deux au jour le jour entre chacun des lots traités avec les insecticides et le lot témoin (on utilise pour chaque lot le nombre de mouches vivantes au jour J et le nombre de mouches vivantes au départ de l'expérience) montre une différence significative entre les lots traités à la deltaméthrine et les lots témoins.

Le détail des calculs est donné dans les annexes 7, 7 bis et ter, et les cas où la différence est significative au risque de 5 % sont indiqués par un astérisque sur les courbes précédentes (graph. 7 à 10).

Quels que soient la sous-espèce et l'âge considérés, la différence entre le lot traité à la deltaméthrine et le lot témoin est significative depuis le premier jour jusqu'à la fin de l'expérience. Pour le fipronil, une différence significative avec le lot témoin n'apparaît que pour les *Glossina palpalis gambiensis* âgées, mais seulement à partir du 5<sup>ème</sup> jour et jusqu'à la fin de l'expérience. Dans cette série d'expérience, le fipronil ne montre donc pas une efficacité intéressante.

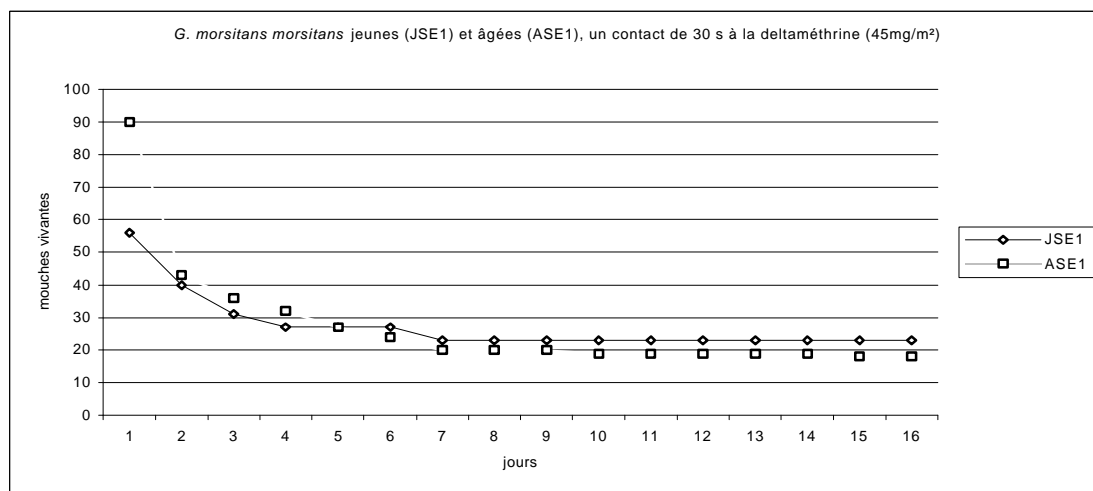
Cette expérience concernant deux sous-espèces de glossines et des classes d'âges différentes, nous avons vérifié s'il existait une différence significative au risque 5% au sein d'une même sous-espèce entre les mouches ténérales et les mouches âgées, et entre les mouches ténérales de chaque sous-espèce (quand ces différences sont significatives elles sont marquées d'un astérisque sur les courbes). Nous ne nous intéresserons qu'aux lots traités à la



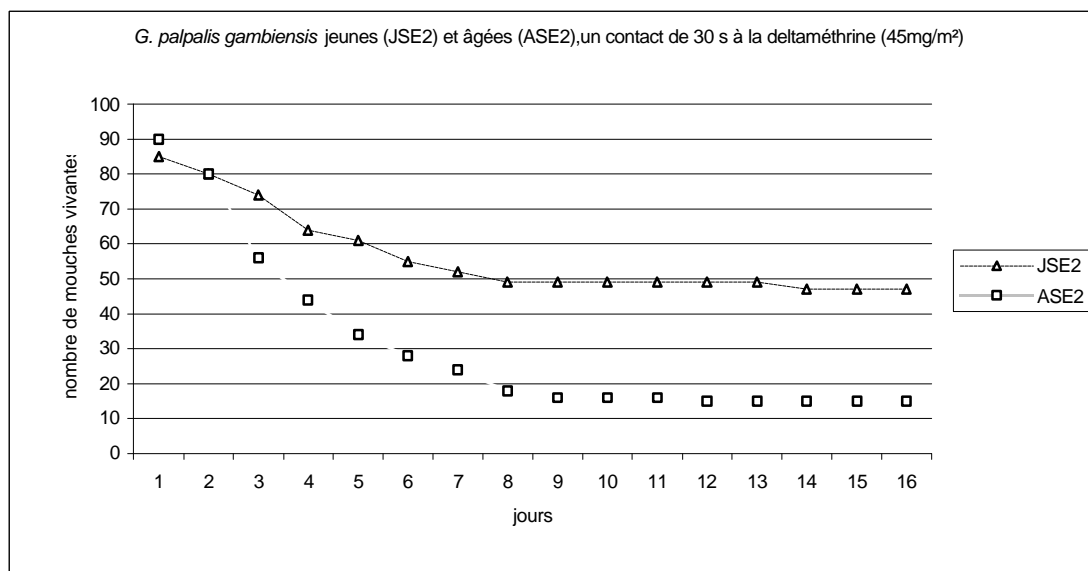
deltaméthrine puisque le fipronil ne donne pas de résultats significatifs pour cette série d'expérience à part sur les *Glossina palpalis gambiensis* âgées.

Les calculs détaillé de ces tests sont indiqués dans l'annexe 8.

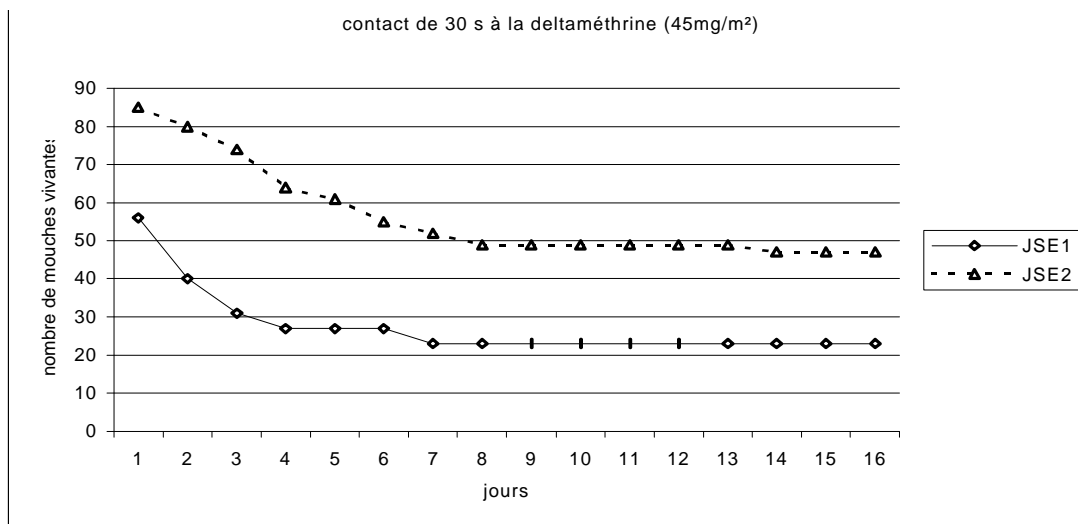
Les graphiques ci-dessous représentent les différentes comparaisons entre sous-espèces et âges des glossines traitées à la deltaméthrine (45mg/m<sup>2</sup>) :



Graph.11 : Comparaison de l'évolution de la population des mouches ténéales (JSE1) et des mouches âgées (ASE1) pour *Glossina morsitans morsitans* après un contact de 30 s avec la deltaméthrine (45mg/m<sup>2</sup>).



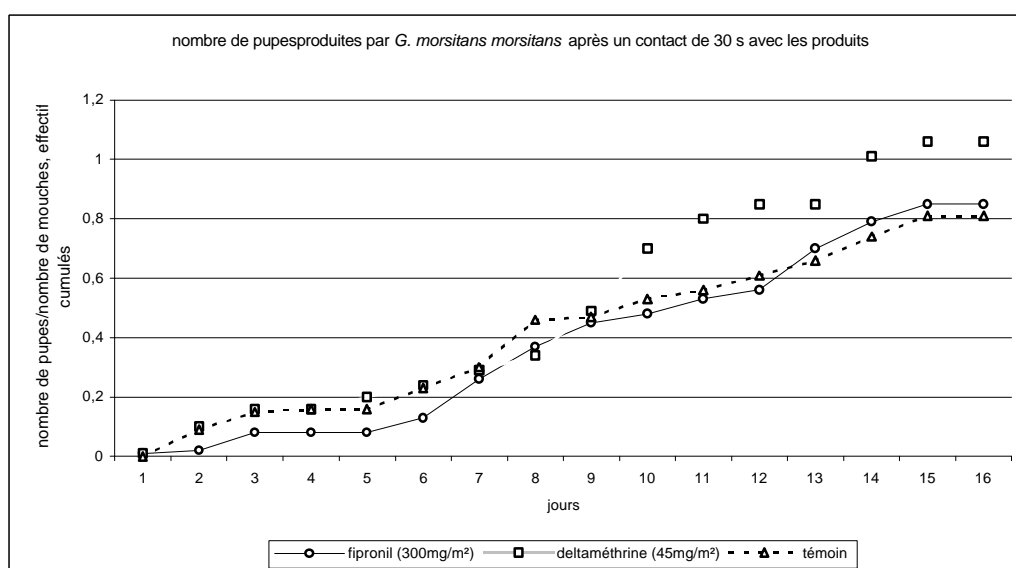
Graph.12 : Comparaison de l'évolution de la population des mouches ténéales (JSE2) et des mouches âgées (ASE2) pour *Glossina palpalis gambiensis* après un contact de 30 s avec la deltaméthrine (45mg/m<sup>2</sup>).



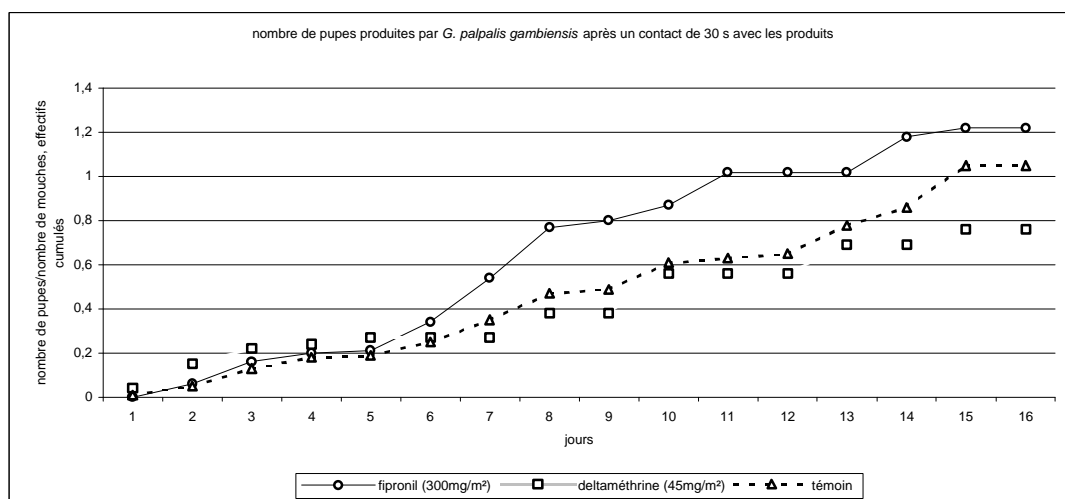
Graph.13 : Comparaison de l'évolution de la population des mouches ténéales de *Glossina morsitans morsitans* et de *Glossina palpalis gambiensis* après un contact de 30 s avec la deltaméthrine (45 mg/m<sup>2</sup>).

Pour les deux sous-espèces, les mouches âgées sont plus touchées que les ténéales. Les ténéales de *Glossina morsitans morsitans* montrent une plus grande sensibilité que les *Glossina palpalis gambiensis* (voir graph. 13).

Les résultats concernant la reproduction sont donnés ci-dessous sous forme de graphiques (graph. 14 et 15) ; les valeurs détaillées sont présentées en annexe (annexe 4 à 6).



Graph.14 : Evolution de la production journalière de pupes par mouche, pour *Glossina morsitans morsitans* après un contact de 30 secondes avec les produits.



Graph.15 : Evolution de la production journalière de pupes par mouches, pour *Glossina palpalis gambiensis* après un contact de 30 secondes avec les produits.

Ces graphiques montrent l'effet respectif de la deltaméthrine et du fipronil sur la production de pupes, en comparaison à un lot témoin. Pour vérifier statistiquement l'existence d'un effet des insecticides, nous avons réalisé un test de comparaison des moyennes du nombre de pupes produites par jour et par femelle, pour chacune des deux sous-espèces, de la même manière que nous l'avions fait pour un contact de 5 secondes.

Le tableau 7 ci-dessous indique les valeurs de « u » pour chaque comparaison que nous avons effectuée ; les valeurs en caractère gras sont celles pour lesquelles il y a une différence significative entre les moyennes, au risque 5%.

	Fipronil \ Témoin	Deltaméthrine \ Témoin
<i>G. morsitans morsitans</i>	u=0.45	<b>u=2.005</b>
<i>G. palpalis gambiensis</i>	u=1.2	<b>u=-2.14</b>

Tabl.7 : Résultats des tests de comparaison des moyennes du nombre de pupes déposées par jour et par femelle chez les glossines, après un contact de 30 secondes avec les produits.

Contrairement à ce que nous avons constaté pour le contact unique de 5 secondes, le fipronil ne provoque pas d'effet visible sur la production journalière de pupes pour le contact de 30 secondes. Les lots traités à la deltaméthrine se différencient des témoins : pour

les *Glossina morsitans morsitans* en produisant plus de pupes et pour *Glossina palpalis gambiensis* en produisant moins de pupes que les témoins.

Le tableau 8 ci-dessous nous présente les taux d'éclosions pour chaque catégorie :

	Fipronil	Deltaméthrine	Témoin
<i>G. morsitans morsitans</i>	91.9%	87.5 %	87.9 %
<i>G. palpalis gambiensis</i>	80.8 %	72.4 %	84.2 %

Tabl. 8. Taux d'éclosion des pupes recueillies dans l'expérience du contact de 30 secondes.

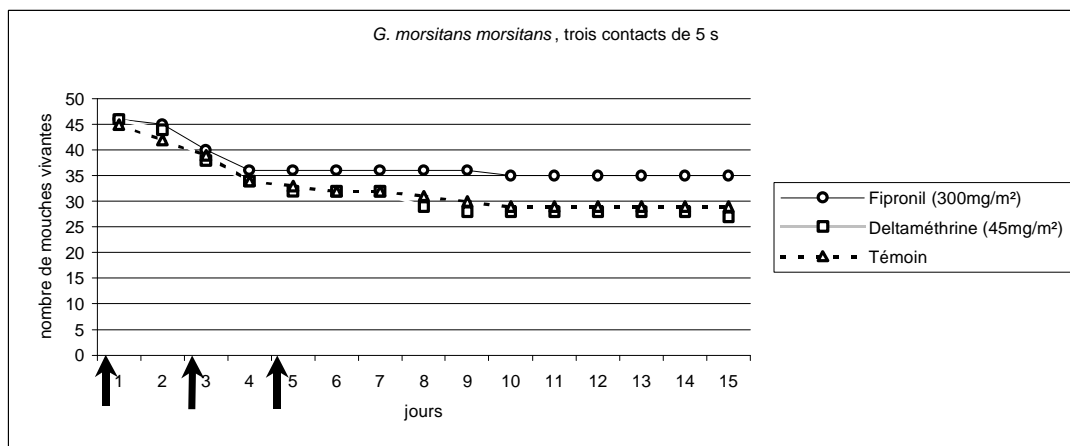
Dans notre expérience nous avons également pesé les pupes au moment de leur collecte (qui était effectuée quotidiennement). Ces résultats sont représentés dans des tableaux en annexe (annexe 5). Il n'y a pas de différence significative entre le poids des pupes déposées par les mouches traitées (poids moyen pour *G. morsitans morsitans* = 26.25 mg pour le fipronil et 26.28 pour la deltaméthrine et pour *G. palpalis gambiensis* respectivement 24.88 et 25.07) et celles déposées par les témoins (poids moyen pour *G. morsitans morsitans* = 25.57 mg et pour *G. palpalis gambiensis* 24.86 mg), (voir annexe 6 pour le test de comparaison de moyennes des poids des pupes).

### III.3.1.2. Série d'expériences à trois contacts consécutifs à 48 heures d'intervalle.

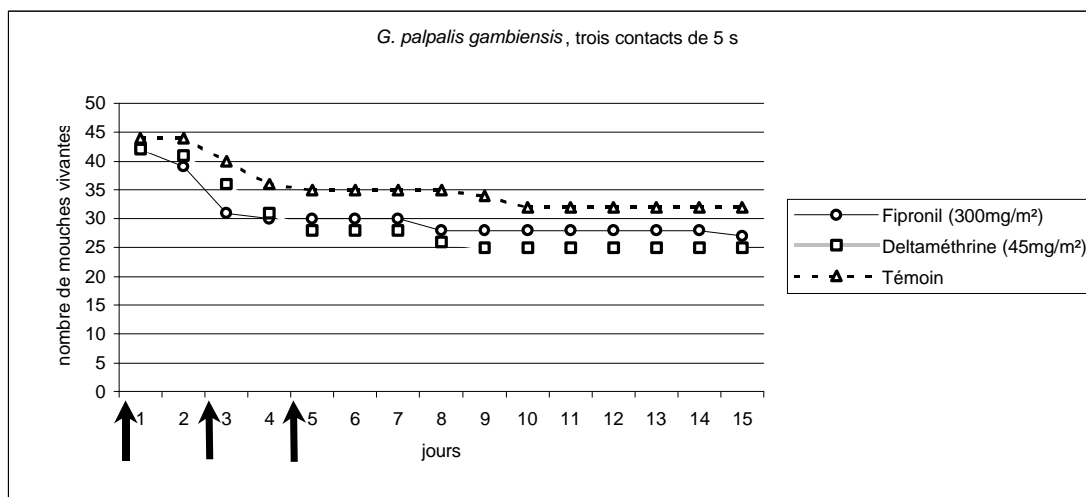
Ces expériences ne concernent que les mouches ténéales pour les raisons évoquées précédemment (disponibilité dans l'élevage, difficultés de manipulation des mouches âgées aux ailes abîmées).

#### III.3.1.2.1. Trois contacts de 5 secondes à 48 heures d'intervalle :

Ces expériences sont réalisées comme les précédentes, la seule différences résidant dans le fait que les mêmes glossines sont manipulées trois fois à 48 heures d'intervalle (laps de temps pendant lequel elles sont nourries). Nous donnons ci-dessous sous forme de graphiques les résultats de ces expériences de trois contacts de 5 secondes (graphiques 16 et 17).



Graph.16 : Evolution de l'effectif de *Glossina morsitans morsitans* après trois contacts de 5 secondes à 48h d'intervalle avec les insecticides (les contacts sont matérialisés par les flèches).

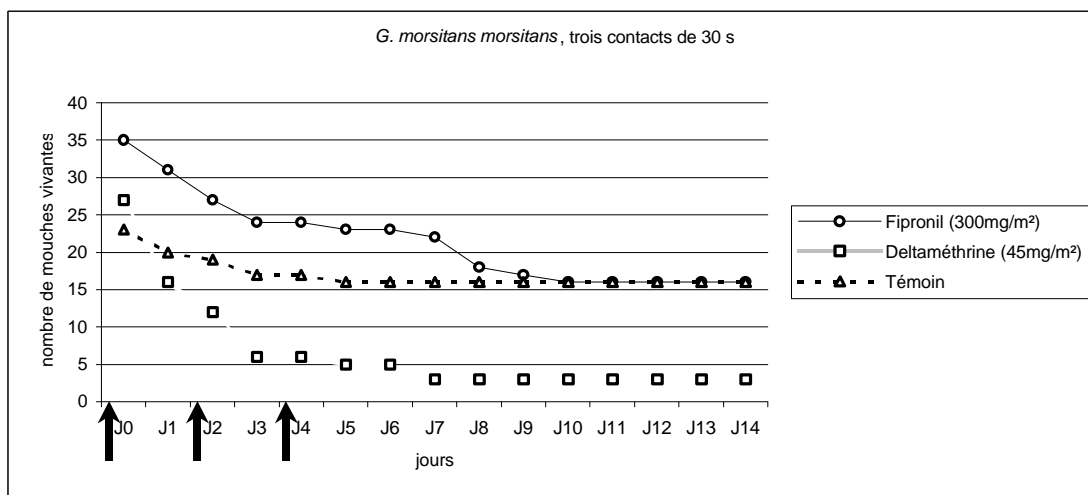


Graph.17 : Evolution de l'effectif de *Glossina palpalis gambiensis* après trois contacts de 5 secondes à 48h d'intervalle avec les insecticides (les contacts sont matérialisés par les flèches).

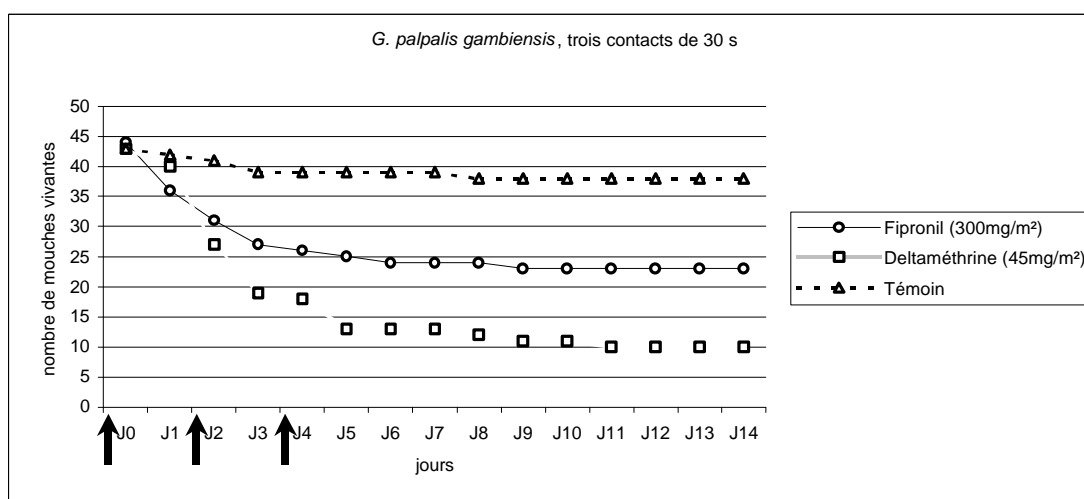
Ces graphiques, où les courbes ont toutes la même allure, ne révèlent pas d'effet insecticide significatif comme on l'a déjà vu pour les expériences à un seul contact de 5 secondes. On peut aussi remarquer sur ces courbes que la mortalité qui touche les lots témoins se stabilise après les trois contacts : ceci montre que les manipulations répétées entraînent une mortalité non négligeable chez les glossines.

### III.3.1.2.2. Trois contacts de 30 secondes à 48 heures d'intervalle :

Ici, l'efficacité des deux insecticides est bien visible pour les deux sous-espèces (graph.18 et 19 ci-dessous). Statistiquement les différences entre les lots de glossines traitées et les lots témoins correspondants ont été mesurées grâce à un test de khi-deux au risque 5 % dont les calculs sont présentés en annexe (annexe 9). Les différences significatives entre le lot traité et le lot témoin au risque 5 % sont matérialisées sur les graphiques suivants par un astérisque, le jour concerné.



Graph.18 : Evolution de l'effectif de *Glossina morsitans morsitans* après trois contacts de 30 secondes à 48h d'intervalle avec les insecticides (les contacts sont matérialisés par les flèches).



Graph.19 : Evolution de l'effectif de *Glossina palpalis gambiensis* après trois contacts de 30 secondes à 48h d'intervalle avec les insecticides (les contacts sont matérialisés par les flèches).

Finalement, si nous calculons l'efficacité des deux insecticides (voir annexe 11) dans les différentes expériences, nous obtenons les résultats récapitulatifs dans le tableau 9 ci-dessous :

Efficacité du Fipronil à 300 mg/m <sup>2</sup> (Fipro) et de la Deltaméthrine à 45 mg/m <sup>2</sup> (Delta)								
contact tarsal	<i>G. morsitans morsitans</i> ténéales		<i>G. palpalis gambiensis</i> ténéales		<i>G. morsitans morsitans</i> âgées		<i>G. palpalis gambiensis</i> âgées	
	Fipro	Delta	Fipro	Delta	Fipro	Delta	Fipro	Delta
1 contact 5 s	0 %	0 %	0%	0%	15,2%	16,2%	23,6%	0%
1 <sup>er</sup> contact	0%	0%	7,1%	2,50%				
2 <sup>ème</sup> contact	0%	4,60%	12,7%	7,60%				
3 <sup>ème</sup> contact	0%	0%	10,2%	7,10%				
3 contacts 5 s	0%	9 %	11,6%	18,10%				
1 contact 30 s	8,9%	47,6%	2,3%	36,2%	0%	70,3%	39,2%	60,4%
1 <sup>er</sup> contact	0%	31,8%	16,2%	4,8%				
2 <sup>ème</sup> contact	7,2%	69,9%	32,3%	51,3%				
3 <sup>ème</sup> contact	5,5%	73,4%	37,3%	66,7%				
3 contacts 30 s	34,3%	84%	40,8%	73,7%				

Tabl.9 : Efficacité du fipronil à 300mg/m<sup>2</sup> et de la deltaméthrine à 45mg/m<sup>2</sup> appliqués par contact tarsal.

Ce tableau montre que les deux insecticides utilisés sont peu performants pour les expériences à un ou même plusieurs contacts de 5 secondes aux concentrations utilisées. Lorsque le ou les contacts sont plus longs, l'efficacité commence à apparaître. Il est intéressant de remarquer que les lots de *Glossina palpalis gambiensis* sont globalement plus sensibles au fipronil que les lots de *Glossina morsitans morsitans*.

L'efficacité de la deltaméthrine est bien meilleure que celle du fipronil dans nos séries d'expériences d'un ou plusieurs contacts tarsal avec le produit. Les résultats obtenus pour le fipronil pour les *Glossina morsitans morsitans* âgées nous paraissent surprenants (l'efficacité est de 15.2% à 5 s mais nulle à 30 s). Ces résultats seraient à vérifier.

Nous avons synthétisé toutes les expériences sous forme de tableaux récapitulatifs (tableaux 10 à 13 ci-après) :

Femelles ténéales <i>G. morsitans morsitans</i>									
Protocole	Produits	Nombre d'individus	KD à 2h *			Mortalité à 24h *			Taux de mortalité*
1 contact de 5 s	Fipronil (300mg/m <sup>2</sup> )	58	0%			14%			43,10%
	Deltaméthrine (45mg/m <sup>2</sup> )	58	19%			7%			20,70%
	Témoin	52	0%			4%			44,20%
3 contacts de 5 s	Fipronil (300mg/m <sup>2</sup> )	46	2%	2%	0%	2%	10%	0%	23,90%
	Deltaméthrine (45mg/m <sup>2</sup> )	46	22%	18%	19%	4%	11%	3%	41,30%
	Témoin	45	0%	0%	0%	7%	13%	3%	35,50%
1 contact de 30 s	Fipronil (300mg/m <sup>2</sup> )	56	0%			9%			28,60%
	Deltaméthrine (45mg/m <sup>2</sup> )	56	89%			28%			58,90%
	Témoin	51	0%			4%			21,60%
3 contacts de 30 s	Fipronil (300mg/m <sup>2</sup> )	35	0%	0%	0%	11%	11%	4%	54,30%
	Deltaméthrine (45mg/m <sup>2</sup> )	27	93%	75%	50%	41%	50%	17%	88,90%
	Témoin	23	0%	0%	0%	13%	11%	6%	30,40%

Tabl.10 : Expériences comparatives du fipronil et de la deltaméthrine appliqués par contact tarsal sur *Glossina morsitans morsitans* à l'état ténéral

Femelles ténéales <i>G. palpalis gambiensis</i>									
Protocole	Produits	Nombre d'individus	KD à 2h *			Mortalité à 24h *			Taux de mortalité*
1 contact de 5 s	Fipronil (300mg/m <sup>2</sup> )	80	0%			0%			25%
	Deltaméthrine (45mg/m <sup>2</sup> )	80	9%			2,5%			17,50%
	Témoin	77	0%			1,3%			36,40%
3 contacts de 5 s	Fipronil (300mg/m <sup>2</sup> )	42	0%	0%	0%	7%	3%	0%	35,70%
	Deltaméthrine (45mg/m <sup>2</sup> )	42	12%	8%	18%	2%	14%	7%	40,50%
	Témoin	44	0%	0%	0%	0%	10%	0%	27,30%
1 contact de 30 s	Fipronil (300mg/m <sup>2</sup> )	85	0%			0%			15,30%
	Deltaméthrine (45mg/m <sup>2</sup> )	85	52%			6%			44,70%
	Témoin	83	0%			0%			13,20%
3 contacts de 30 s	Fipronil (300mg/m <sup>2</sup> )	44	0%	0%	0%	18%	13%	4%	47,70%
	Deltaméthrine (45mg/m <sup>2</sup> )	43	70%	52%	50%	7%	30%	28%	76,70%
	Témoin	43	0%	0%	0%	2%	5%	0%	11,60%

Tabl.11 : Expériences comparatives du fipronil et de la deltaméthrine appliqués par contact tarsal sur *Glossina palpalis gambiensis* à l'état ténéral.



\* Les subdivision en 3 colonnes correspondent à chacun des 3 contacts dans les expériences à 3 contacts. Les taux de mortalité sont calculés sur 15 jours.

Dans ces tableaux apparaissent les données sur l'effet knock-down (KD) qui concerne essentiellement les glossines traitées à la deltaméthrine. Nous n'avons effectivement pas observé cet effet sur les lots traités au fipronil ; les 2% d'effet KD, qui concernent les lots de *Glossina morsitans morsitans* pour trois contact de 5 s avec le fipronil, sont probablement dû à l'observation d'une mortalité lente à venir avec le fipronil (on ne retrouve pas cet effet dans aucunes des autres série d'expériences).

Pour les contacts répétés cet effet est comptabilisé deux heures après chaque contact et figure donc dans les trois cases successives. Cet effet a été observé dans la demi-heure, l'heure et les deux heures qui suivaient le ou les contacts. Ces résultats figurent dans les tableaux de l'annexe 3. Nous observons que la quantité de glossines concernées par cet effet augmente avec le temps (il y en a moins à ½ heure qu'à 2 heures) et pour des raisons de clarté nous n'avons donc pas fait figurer ces résultats détaillés (après ½ heure et après 1 heure) dans les tableaux de synthèse ci-dessus (tableaux 10 et 11).

Les tableaux suivants (tableaux 12 et 13) concernent les glossines âgées qui, rappelons-le n'ont pas pu subir les séries d'expériences à trois contacts répétés pour des raisons pratiques (disponibilité dans l'élevage et des manipulations trop délicates pour pouvoir les répéter sur les mêmes individus).

Femelles âgées <i>G. morsitans morsitans</i>									
Protocole	Produits	Nombre individus	KD à 2h	Mortalité à 24h	Taux de mortalité	nombre de pupes/f/j	poids moyen d'une pupa	taux d'éclosion	sex-ratio
1 contact de 5s	Fipronil (300mg/m <sup>2</sup> )	81	0%	2,40%	42,00%	0.062	26,53 ± 4.99	86,2	1,08
	Deltaméthrine (45mg/m <sup>2</sup> )	82	23%	0%	42,70%	0.047	26,84 ± 4.3	96.1	0,96
	Témoin	76	0%	1,30%	31,60%	0.042	26,82 ± 3.94	91,1	1,15
1 contact de 30s	Fipronil (300mg/m <sup>2</sup> )	90	0%	0%	28,90%	0.053	26,25 ± 3.76	91,9	1,19
	Deltaméthrine (45mg/m <sup>2</sup> )	90	77%	52%	80%	0.066	26,28 ± 5.4	87,5	1,62
	Témoin	89	0%	1,10%	32,60%	0.05	25,57 ± 5.32	87,9	0,59

Tabl.12 : Expériences comparatives du fipronil et de la deltaméthrine appliqués par contact tarsal sur *Glossina morsitans morsitans* âgées.

Femelles âgées <i>G. palpalis gambiensis</i>									
Protocole	Produits	Nombre individus	KD à 2h	Mortalité à 24h	Taux de mortalité	nombre de pupes/f/j	poids moyen d'une pupe	taux éclosion	sex-ratio
1 contact de 5 s	Fipronil (300mg/m <sup>2</sup> )	90	0%	5,50%	72,20%	0.065	23,54 ± 5.28	52,90%	0,8
	Deltaméthrine (45mg/m <sup>2</sup> )	90	7%	0%	63,30%	0.045	22,63 ± 5.29	75%	1,06
	Témoin	88	0%	1,10%	63,60%	0.038	24,75 ± 4.26	82%	0,78
1 contact de 30 s	Fipronil (300mg/m <sup>2</sup> )	90	0%	5,50%	74,40%	0.077	24,88 ± 4.99	80,80%	0,68
	Deltaméthrine (45mg/m <sup>2</sup> )	90	82%	11%	83,30%	0.047	25,07 ± 4.55	72,40%	2
	Témoin	88	0%	2,30%	57,90%	0.065	24,86 ± 4.82	84,20%	1

Tabl.13 : Expériences comparatives du fipronil et de la deltaméthrine appliqués par contact tarsal sur *Glossina palpalis gambiensis* âgées.

Dans ces deux derniers tableaux nous avons ramené le nombre de pupes pondues chaque jour durant les 16 jours de l'expérience, au nombre de glossines présentes chaque jour (on élimine ainsi les mouches mortes qui ne peuvent pas produire de pupes) et nous avons divisé le résultat par 16 afin d'obtenir le nombre de pupes moyen pondus par femelle et par jour (nombre de pupes/f/j). Dans le taux d'éclosion les glossines mal formées ne sont pas comptabilisées.

Les expériences que nous venons de citer avaient pour but de mesurer les effets de la deltaméthrine et du fipronil sur la mortalité et la reproduction des mouches ; nous avons voulu ensuite savoir si le fipronil avait un effet répulsif sur les glossines et pouvait ainsi modifier leur comportement au moment de la prise de nourriture.

### III.3.2. Expériences de nourrissage des glossines sur un lapin traité au fipronil

Pour ces expériences ce sont des glossines âgées de une à trois semaines qui seront utilisées toujours pour des raisons de gestion de l'élevage afin de ne pas trop prélever d'individus du même âge (glossines de plus de deux mois dans les expériences précédentes).

Les tableaux de recueil des résultats sont à consulter en annexe (annexe 12).

### III.3.2.1. Expérience préliminaire

Cette expérience vise à vérifier si les mouches se nourrissent de la même façon sur tous les lapins et qu'il n'y a pas un facteur « individu » qui intervient. Nous avons donc nourri les mêmes mouches sur deux lapins différents et nous avons compté les glossines gorgées au bout de dix minutes sur chaque lapin (voir protocole détaillé paragraphe III.2.1.2.3.). Selon les tests de khi-deux (voir tableaux 14 et 15) suivants, au risque 5% il y a une différence significative entre les deux lapins pour les deux sous-espèces :

<i>Glossina morsitans morsitans</i>		
	gorgées	non gorgées
Lapin A	56	20
Lapin B	70	6

Tabl. 14 : Nombre de *Glossina morsitans morsitans* gorgées sur le lapin A et B.

Sous l'hypothèse  $H_0$ , les glossines se nourrissent de la même manière quelque soit le lapin. Les glossines *Glossina morsitans morsitans* ne se nourrissent pas de la même façon sur le lapin A et sur le lapin B ( $X^2 = 9.09 > X^2_{\alpha} = 3.84$  ; ddl = 1 ;  $H_0$  est rejetée).

<i>Glossina palpalis gambiensis</i>		
	gorgées	non gorgées
Lapin A	47	29
Lapin B	57	17

Tabl. 15 : Nombre de *Glossina palpalis gambiensis* gorgées sur le lapin A et B.

De la même façon, les glossines *Glossina palpalis gambiensis* ne se nourrissent pas de la même façon sur le lapin A et sur le lapin B au risque 5% ( $X^2 = 4.066 > X^2_{\alpha} = 3.84$  ; ddl = 1 ;  $H_0$  est rejetée)

Cette expérience nous oblige alors à comparer les résultats obtenus pour le lapin traité avec ceux obtenus pour le même lapin (c'est à dire le lapin A) dans l'expérience préliminaire, puisque les mouches se nourrissent différemment selon le lapin, nous comparons les résultats sur un même lapin.

### III.3.2.2. Expérience de nourrissage sur un lapin traité au fipronil.

Nous procédons de la même façon que dans l'expérience préliminaire (voir tableaux 16 et 17) :

<i>Glossina morsitans morsitans</i>		
	gorgées	non gorgées
Lapin A non traité	56	20
Lapin A traité	26	14

Tabl.16 : Nombre de *Glossina morsitans morsitans* gorgées sur un lapin non traité puis traité au fipronil.

Il n'y a pas de différence significative au risque 5% de nourrissage entre le lapin traité au fipronil ou non traité pour les *Glossina morsitans morsitans* ( $X^2 = 0.954 < X^2_{\alpha} = 3.84$  ; ddl = 1 ;  $H_0$  ne peut pas être rejetée).

<i>Glossina palpalis gambiensis</i>		
	gorgées	non gorgées
Lapin A non traité	47	29
Lapin A traité	29	11

Tabl. 17 : Nombre de *Glossina palpalis gambiensis* gorgées sur le lapin non traité puis traité au fipronil.

De la même façon, il n'y a pas de différence significative au risque 5% de nourrissage entre le lapin traité au fipronil ou non traité pour les *Glossina palpalis gambiensis* ( $X^2 = 0.020 < X^2_{\alpha} = 3.84$  ; ddl = 1 ;  $H_0$  ne peut pas être rejetée).

Quelque soit la sous-espèce de glossine il n'y a pas d'effet répulsif ou antifeeding du fipronil à la concentration de 2.4 mg/ml (pour 1 ml pulvérisé sur chaque oreille).

### III.4.Discussion

Pour comparer les effets des deux insecticides utilisés dans cette étude contre les glossines, nous avons mesuré ou observé différents paramètres :

- En ce qui concerne la mortalité relevée au jour le jour qui permet de mesurer l'efficacité des produits, les résultats sont très variables selon les expériences. Pour les expériences d'un contact de 5 secondes, la mortalité des mouches est comparable chez les lots traités ou témoins. Une forte mortalité touche les lots témoins, elle peut s'expliquer par les manipulations mal supportées par les mouches d'une part, et d'autre part l'expérience préliminaire de nourrissage des glossines sur différents lapins a mis en évidence un facteur hôte non négligeable : les glossines ne se nourrissent pas avec la même réussite selon le lapin. Dans les élevages, ce problème ne se pose pas car les glossines ne sont pas continuellement nourries sur le même lapin (il y a des périodes de repos pendant lesquelles les lapins se refont « peau neuve ») ; mais dans nos séries d'expériences, et afin d'éviter le moindre contact des glossines témoin avec les insecticides, un seul lapin a nourri les lots témoins tout au long des expériences. Or le lapin qui nourrissait les lots témoins était celui qui avait au départ les oreilles dans le plus mauvais état (croûtes, érythème), ce qui a pu ne pas faciliter la prise de nourriture de ces glossines. Nous n'avons pas utilisé, ici, l'immobilisation par le froid ou le nourrissage sur membranes pour des raisons matérielles. Ces observations représentent un biais dans nos expériences mais il est en défaveur de l'efficacité des produits et ne peut donc que nous faire sous-évaluer leur action.

Les mêmes constatations peuvent être faites pour l'expérience de trois contacts successifs de 5 secondes, qui ne permet pas de mettre en évidence une efficacité satisfaisante pour aucun des deux insecticides.

En revanche, pour le contact unique de 30 secondes, l'efficacité de la deltaméthrine à 45 mg/m<sup>2</sup> est bien supérieure à celle du fipronil ; elle va de 42 % en moyenne pour les glossines ténérables à 65 % pour les glossines âgées des deux sous-espèces étudiées. Dans cette expérience, le fipronil à 300 mg/m<sup>2</sup> a une efficacité de 39.2% vis à vis des *Glossina palpalis gambiensis* âgées, ce qui commence à être intéressant ; mais elle serait à vérifier car elle ne se retrouve pour aucune autre catégorie de glossine testée.

L'expérience de trois contacts de 30 secondes est celle où l'on observe les meilleures efficacités pour les deux insecticides ; on peut en déduire qu'il y a un « effet dose », puisque la répétition des contacts (avec le temps le plus long pour notre série d'expériences), entraîne une mortalité plus élevée. Les manipulations répétées pourraient être les seules causes de cette forte baisse des effectifs, mais la mortalité des lots témoins est prise en

compte dans le calcul de l'efficacité des insecticides ; celle-ci reflète donc bien l'activité des produits.

Dans cette expérience de trois contacts de 30 secondes à 48 heures d'intervalle, le fipronil à 300 mg/m<sup>2</sup> commence à se révéler intéressant (efficacité de 34.4% pour *Glossina morsitans morsitans* et de 40.8% pour *Glossina palpalis gambiensis*), ce qui nous laisse penser qu'avec des doses supérieures ou d'autres formulations, cet insecticide pourrait éventuellement être intégré dans les stratégies de lutte contre les glossines.

- L'effet knock-down n'a été observé que sur les lots de mouches traitées à la deltaméthrine. Cet effet est bien marqué puisqu'il concerne 89 % des *Glossina morsitans morsitans* ténéales, 77 % des *Glossina morsitans morsitans* âgées, 52 % des *Glossina palpalis gambiensis* ténéales et 82 % des *Glossina palpalis gambiensis* âgées dans les expériences d'un contact de 30 secondes. Sachant que dans la nature les glossines subissant l'effet KD sont éliminées par leurs prédateurs (Laveissière & al, 1985a), cette expérience confirme l'action très intéressante de la deltaméthrine contre les glossines. Cet effet knock-down à faible dose est connu et certains auteurs en tiennent compte dans le calcul de l'efficacité de l'insecticide (Laveissière et al., 1985b), ce qui n'est pas notre cas dans cette étude. On peut remarquer que dans l'expérience de trois contacts de 5 secondes le KD est toujours plus faible au deuxième contact. Dans l'expérience de trois contacts de 30 secondes, l'effet KD diminue au fur et à mesure des contacts (il est toujours plus important au premier contact par rapport au second et au troisième contact), tout en restant très important : il touche toujours au moins 50% des mouches. On peut se demander s'il n'y a pas une « accoutumance » des glossines ou si c'est simplement « l'effet dose » qui entraîne cette diminution de l'effet knock-down.

Le fipronil quant à lui, ne provoque pas d'effet KD à proprement parler ; les 2% observés sur les *Glossina morsitans morsitans* à l'état ténéral lors de l'expérience de trois contacts de 5 secondes, sont le reflet de ce qui a globalement été constaté pendant les expériences de trois contacts successifs : les glossines traitées au fipronil se laissent plus facilement capturer, sont « moins réactives » au fur et à mesure des contacts. Cette observation purement qualitative mériterait une confirmation par d'autres études.

Dans le même ordre d'idée d'autres observations ont été notées au cours de ces expériences sur le comportement des mouches en général : dans les expériences à un ou trois contacts de 30 secondes, des phénomènes digestifs sont observés à plusieurs reprises sur quelques glossines traitées à la deltaméthrine ; ces dernières ont l'abdomen qui semble gonflé

d'air, et leurs déjections sont plus liquides et plus claires. Des comportements inhabituels ont aussi été observés ponctuellement sur quelques individus de la sous-espèce *Glossina palpalis gambiensis*, au moment du contact avec le disque imprégné de fipronil : deux individus ont régurgité du sang sur le disque et quatre à cinq individus ont tenté de piquer le papier imbibé de fipronil. Nous rapportons ces observations ici, car elles n'apparaissent pas dans les tableaux de travail annexés à ce document, et elles nous paraissent intéressantes pour d'éventuelles recherches ultérieures.

- Les effets sur la reproduction sont analysés uniquement pour les expériences à contact unique (de 5 ou 30 secondes) pour des raisons de disponibilité des mouches dans l'élevage et pour les problèmes de manipulations répétées sur des mouches aux ailes très abîmées (usure sur les tulles des cages) et à l'abdomen lourd. Pour le contact de 5 secondes avec le fipronil à 300 mg/m<sup>2</sup>, les glossines produisent plus de pupes que les témoins mais ont un taux d'éclosion plus faible. Ceci est particulièrement vrai pour *Glossina palpalis gambiensis*. Ce résultat ne se vérifie pas pour le contact unique de 30 secondes. Cet effet à faible dose mériterait d'être abordé plus particulièrement et vérifié dans d'autres études s'intéressant spécifiquement aux effets des insecticides sur la reproduction. Ces études auraient un intérêt certain, car lorsque les pièges et écrans ont subi les intempéries ou qu'il ne reste pratiquement plus d'insecticide sur le bétail, ces effets des insecticides à faible dose ont lieu sur le terrain.

Pour l'expérience à un contact unique de 30 secondes, ce sont les mouches traitées à la deltaméthrine qui se différencient significativement du lot témoin. Toutefois la mortalité très élevée pour les glossines traitées à la deltaméthrine dans cette expérience peut expliquer les variations dans la production de pupes. En effet, même si nous avons ramené le nombre de pupes pondues par jour au nombre de mouches vivantes (ou présentes) par jour, quand il ne reste qu'un ou deux individus sur les quinze jours durant lesquels on relève les pupes, la production journalière est beaucoup plus variable que lorsqu'on est en présence d'une dizaine ou d'une quinzaine d'individus pendant la même période.

Nous constatons dans cette étude, ce qui est connu dans la littérature, que les *Glossina morsitans morsitans* sont plus sensibles à la deltaméthrine que les *Glossina palpalis gambiensis* pour les expériences d'un ou trois contact de 30 secondes (expérience dans lesquelles la deltaméthrine a une efficacité non négligeable). Nous notons par ailleurs, une

différence de sensibilité entre les deux sous-espèces par rapport au fipronil à 300 mg/m<sup>2</sup>. Dans toute notre série d'expériences, mise à part celle d'un contact de 30 secondes pour les glossines à l'état ténéral, les *Glossina palpalis gambiensis* sont plus touchées par le fipronil que les *Glossina morsitans morsitans*. Ce résultat est à confirmer, mais il pourrait s'avérer très intéressant, car les *Glossina palpalis gambiensis* sont considérées comme les glossines les moins sensibles aux insecticides (Laveissière, 1985a). Le fipronil serait alors le premier insecticide à être adapté à une lutte ciblée sur cette sous-espèce.

Contrairement à d'autres auteurs (Burnett, 1962 ; Riordan & Gregory, 1985 ; Van den Bosshe, 1996), nous ne constatons pas que les glossines âgées soient plus résistantes aux insecticides par rapport aux mouches ténérales. Ces résultats contradictoires peuvent s'expliquer par la méthode utilisée dans nos expériences : les manipulations sont très mal supportées par les mouches âgées qui ont les ailes très abîmées et l'abdomen lourd, ceci se vérifie sur la mortalité très élevée des mouches âgées dans les lots témoins.

Dans une autre expérience, connaissant l'effet antifeeding de la perméthrine sur les puces et celui de la deltaméthrine sur les phlébotomes (Franc & Cadiergues, 1998), nous avons voulu tester s'il existait ce même effet du fipronil sur les glossines. Notre expérience préliminaire nous a appris que les glossines ne se nourrissaient pas avec le même succès selon le lapin. Dans cette expérience de nourrissage des mouches sur un lapin traité au fipronil (1 ml à 2.4 mg pulvérisé sur chaque oreille), nous n'avons pas mis en évidence de différence significative entre le lapin traité et le lapin non traité. Nous n'avons donc pas trouvé d'effet antifeeding du fipronil sur les glossines.

Enfin nous pouvons revenir sur notre protocole afin de discuter de nos choix et d'éventuelles améliorations à apporter. Les temps choisis de 5 et 30 secondes correspondent au temps de contact d'une glossine avec un écran (5 à 10 s) (Laveissière *et al.*, 1985b) et au temps d'une prise de repas sur un hôte (30 à 60 s) (Austen, 1903). Ces temps ont été répétés pour simuler ce qui se passe dans la nature : une glossine peut entrer en contact plusieurs fois avec un écran ou un piège et elle va prendre des repas à différentes reprises. Le mode de contact utilisé, le contact tarsal, est un modèle proche de la réalité en ce qui concerne les pièges et écrans, même si une glossine prise dans un piège va aussi entrer en contact avec le tissu par les ailes. En revanche ce modèle s'éloigne plus du contact entre la glossine et son hôte lors de la prise d'un repas, car lorsqu'elle s'alimente son abdomen et ses pièces buccales touchent également l'hôte et donc le produit, la glossine peut ainsi ingérer le produit. Le



protocole visant à se rapprocher du contact entre la glossine et son hôte doit donc se matérialiser autrement ; par exemple en nourrissant les glossines directement sur un animal traité, mais en se souvenant du facteur hôte qui intervient pour la prise de nourriture que nous avons souligné dans cette étude. La solution serait peut-être de ne traiter qu'une partie de l'animal, l'autre partie étant réservée au lot témoin. Notre modèle est cependant intéressant car il peut partiellement s'appliquer aux deux circonstances (pièges ou traitement du bétail). Par contre nous pouvons nous demander si les doses que nous avons employées ne mériteraient pas d'être augmentées. Nous avons choisi les doses insecticides, au départ, en fonction des doses déjà appliquées en pratique sur les bovins pour la deltaméthrine comme pour le fipronil. Nous voulions être proches des concentrations réelles d'insecticides utilisées sur le bétail. Au vu des premiers résultats obtenus avec ces doses, qui sont très peu concluant concernant l'efficacité des produits même pour la deltaméthrine (insecticide de choix dans la lutte contre les glossines), nous avons décidé de multiplier ces doses par trois. Les concentrations ainsi obtenues sont de 45 mg/m<sup>2</sup> pour la deltaméthrine et de 300 mg/m<sup>2</sup> pour le fipronil. Les doses habituellement appliquées sur les écrans allant de 150 à 400 mg/m<sup>2</sup> pour la deltaméthrine (Mérot *et al.*, 1984 ; Dagnogo *et al.*, 1986 ; Mawuena & Yacnambe, 1988 ; Lancien, 1991) nous employons dans cette étude des doses intermédiaires entre les doses utilisées sur les pièges ou écrans et sur le bétail. Il serait sans doute utile d'augmenter les doses afin de se mettre dans les conditions les plus proches possibles de celles pratiquées avec les pièges ou les écrans et éventuellement de changer de solvant pour se rapprocher des insecticides utilisés sur le bétail. Les formulations d'insecticides appliqués sur le bétail sont composées de la molécule active et d'autres produits tel que le formaldéhyde (Butox<sup>ND</sup> en « Pour-on ») ou le butylhydroxytoluène et le butylhydroxyanisole (Frontline<sup>ND</sup> en « Spot-on ») etc... ces formulations particulières pourraient aussi donner des résultats différents et surprenants par rapport aux résultats que nous obtenons dans cette étude. Notre choix de protocole correspond à une approche plus globale et les propositions que nous faisons ici, visent à affiner les conditions d'expériences pour coller le plus possible à ce qui se passe sur le terrain dans des essais futurs.

Les solvants comme les tissus sur lesquels les insecticides sont imprégnés sont très importants et donnent lieu à des résultats parfois bien différents (Laveissière *et al.*, 1985a ; Laveissière *et al.*, 1985b), surtout sur le terrain ; c'est pourquoi il serait intéressant de refaire ces expériences avec des solvants et des tissus différents.

### **Conclusion :**

Les glossines sont des mouches dont l'élevage n'est pas très aisé vu leur long cycle de reproduction et leur mode d'alimentation hématophage. C'est pourquoi ce type d'expérience requiert un temps important si l'on veut pouvoir tester des produits sur des échantillons de taille suffisante permettant une exploitation statistique. Dans cette étude, la disponibilité des glossines a été un facteur limitant.

Nous avons comparé, ici, l'action du fipronil à celle de la deltaméthrine (mortalité, effet knock-down, effets sur la reproduction), au laboratoire et à des doses respectives de 300 mg/m<sup>2</sup> et 45 mg/m<sup>2</sup>. La deltaméthrine confirme ses effets pour une dose relativement faible (efficacité de 40% pour un contact de 30 s et de plus de 70% pour trois contacts de 30 s à 48 h d'intervalle), et notamment en ce qui concerne l'effet knock-down de cette molécule. La plus grande sensibilité à la deltaméthrine de *Glossina morsitans morsitans* par rapport à celle de *Glossina palpalis gambiensis* a été elle aussi retrouvée dans ces expériences.

Dans ce contexte expérimental (température et hygrométrie constante, applications tarsales forcées pour une dose de 300 mg/m<sup>2</sup>), le fipronil n'apparaît pas compétitif. Toutefois, des effets létaux sont observés, en particulier sur les glossines âgées pour les expériences à un contact unique et sur les glossines à l'état ténéral dans l'expérience de trois contacts successifs de 30 s à 48 h d'intervalle. Nous observons également, à de faibles doses (un contact de 5 s), que les glossines traitées au fipronil produisent plus de pupes et ont un taux d'éclosion plus faible. Quelques effets sur le comportement de l'insecte sont aussi soulignés dans cette série d'expériences. Malgré l'efficacité relativement faible (elle ne dépasse pas 40%) du fipronil sur les glossines dans notre étude, il ressort une plus grande sensibilité des *Glossina palpalis gambiensis* par rapport aux *Glossina morsitans morsitans*, ce qui est remarquable puisque ces glossines sont considérées comme les moins sensibles aux insecticides d'une façon générale (Laveissière, 1985a).

D'autres essais pourraient être entrepris en augmentant la concentration du fipronil ou en utilisant un autre protocole comme l'application directe de l'insecticide sur le thorax des insectes à l'aide de micro-pipettes. Nous pouvons aussi nous interroger sur la performance de notre « formulation » (dilution dans l'acétone). En effet, d'autres études avec des

formulations se rapprochant de celles utilisées dans les insecticides en « Pour-on » pourraient donner de meilleurs résultats.

Les recherches concernant de nouveaux insecticides ou de nouvelles formulations pour les insecticides déjà utilisés dans la lutte contre les glossines sont importantes pour le développement de l'élevage et la qualité de vie des populations en Afrique tropicale humide. Le but étant de disposer de produits efficaces à des doses économiquement acceptables et en même temps compatibles avec la santé publique et les exigences écologiques. Ces travaux sont longs mais indispensables pour progresser dans la lutte contre les glossines.



## Bibliographie

- ABIOLA, F.A., MOHAMADOU, B., BASCHIROU *et al.*  
Utilisation du butox N. D. (deltaméthrine) dans le contrôle des glossines, vecteurs de la trypanosomose sur le plateau de l'Amadoua au Cameroun.  
Revue Méd. Vét., 1990, **141** (7), 565-573.
- AMSLER-DELAFOSSÉ, S., KABORE, I., BAUER, B.  
Lutte contre les vecteurs de la trypanosomose animale africaine au Burkina Faso.  
Cahiers Agricultures, 1995, **4**, 440-443.
- ARAUJO, F.R., SILVA, M.P., LOPES, A.A. *et al.*  
Severe cat flea infestation of dairy calves in Brazil.  
Veterinary Parasitology, 1998, **80** (1), 83-86.
- ATWELL, R., SILLAR, R., JEANIN, P. *et al.*  
The effects of fipronil on *Ixodes holocyclus* on dogs in northern NSW.  
Aust. Vet. Pract., 1996, **26**, p155.
- AUSTEN, E.E.  
The bionomics of tsetse flies (Genus *Glossina*).  
In : E.E. AUSTEN Ed., A monograph of the tsetse-flies (Genus *Glossina*, Westwood) based on the collection in the British Museum, Londres : 1903, 1-30.
- BALANCA, G., DE VISSCHER, M. N.  
Effects of very low doses of fipronil on grasshopper and non-target insects following field trials for grasshopper control.  
Crop Protection, 1997, **16** (6), 553-564.
- BAUER, B., AMSLER, S., KABORE, I. *et al.*  
Traitement du bétail aux pyréthroïdes synthétiques. Tests de laboratoire et opérations de lutte contre les glossines avec considérations spécifiques de vulgarisation auprès des communautés rurales.  
XXII<sup>ème</sup> réunion du Conseil Scientifique International pour la Recherche et la Lutte Contre les Trypanosomiasés, publication n°117, Kampala, Uganda, 1993, edited by SONES, K. R., Stock Watch Ltd, Nairobi, Kenya, 276-279.
- BURNETT, G.F.  
The susceptibility of tsetse flies to topical applications of insecticides III. The effects of age and pregnancy on the susceptibility of adults of *Glossina morsitans* Westw..  
Bull. ent. Res., 1962, **53**, 337-345.
- BURSELL, E., GOUGH, A.J.E., BEEVOR, P.S., *et al.*  
Identification of components of cattle urine attractive to tsetse flies, *Glossina* spp (Diptera: Glossinidae).  
Bull. ent. Res., 1988, **78**, 281-291.

- BURSELL, E., TAYLOR, P.  
An energy budget for *Glossina* (Diptera: Glossinidae).  
Bull. ent. Res., 1980, **70**, 187-196.
- BUXTON, P.A.  
The natural history of tsetse flies. An account of the biology of the genus *Glossina* (Diptera).  
In : London School of Hygiene and Tropical Medicine, Memoir N°10, Lewis H.K.& Co Ltd, Londres, Royaume Uni, 1955, 816p.
- CARLE, P.R.  
Mode d'action et utilisation des pyréthrinoïdes p23940.  
In : Insectes, insecticides, santé : colloque national Anger, 19-22 Novembre 1985, Paris, Acta Publication, 1986.
- CHADWICK, A.J.  
Use of a 0.25 per cent fipronil pump spray formulation to treat canine cheyletiellosis.  
J. small Anim. Prat., 1997, **38**, 261-262.
- CHALLIER, A., LAVEISSIERE, C.  
Un nouveau piège pour la capture des glossines (*Glossina*: Diptera Muscidae). Description et essai sur le terrain.  
Cahier ORSTOM ser. Ent. méd. et Parasitol., 1973, **19**, 251-262.
- CHALLIER, A., SALLES, S.  
Sensibilité des *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank au Décis (OMS 1998) et étude préliminaire de l'effet knock-down.  
Bobo-Dioulasso, O.C.C.G.E. (Doc. techn. n°6154).
- COATES, T.W., LANGLEY, P.A.  
Laboratory evaluation of contact sex pheromone and bisazir for autosterilization of *Glossina morsitans*.  
Ent. exp. appl., 1982, **31**, 276-284.
- COLE LORETTA, M., NICHOLSON RUSSEL, A., CASIDA JOHN, E.  
Action of phenylpyrazole insecticides at the GABA-gated chloride channel.  
Pesticide Biochemistry and Physiology, 1993, **46** (1), 47-54.
- CUISANCE, D.  
Trypanosomoses: justification pour le contrôle ou l'éradication.  
Meeting of the panel of experts on ecological/technical aspects of the programme for the control of african animal trypanosomiasis and related development, Harare, Zimbabwe, juin 1991, 24-26.
- CUISANCE, D.  
Impact sur l'environnement de la lutte contre les tsé-tsé.  
Atelier sur les méthodes de recherche en écologie des traitements anti-acridiens en Afrique, Montpellier, 24-28 février 1992, C.R. de l'atelier CEE-CIRAD, Montpellier, nov. 1992, 109-116.

- CUISANCE, D., BARRE, N., DE DEKEN, R.  
Ectoparasites des animaux : méthodes de lutte écologique, biologique, génétique et mécanique.  
Rev. Scie. Techn. Off. Int. Epiz., 1994, **13** (4), 1305-1356.
  
- CUISANCE, D., FEVRIER, J., DEJARDIN, D. *et al.*  
Dispersion linéaire de *Glossina palpalis gambiensis* et de *Glossina tachinoides* dans une galerie forestière en zone soudano-guinéenne (Burkina-Faso).  
Revue Elev. Med. vét. Pays trop., 1985, **38** (2), 153-172.
  
- CUISANCE, D., GOUTEUX, J.P., BLANC, F., LE GALL, F.  
Centrafrique : des pièges à tsé-tsé pour les éleveurs Mbororo ;  
ORSTOM Actualités, 1994, **42**, 2-8.
  
- CUISANCE, D., POLITZAR, H., FEVRIER, J. *et al.*  
Association d'un traitement insecticide avec la méthode du mâle stérile contre *Glossina palpalis gambiensis* : intérêt de la mise en œuvre de plusieurs méthodes.  
Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop., 1980, **33** (2), 127-133.
  
- CUISANCE, D., POLITZAR, H., MEROT, P., TAMBOURA, I.  
Les lâchés de mâles irradiés dans la campagne de lutte intégrée contre les glossines dans la zone pastorale de Sidéradougou (Burkina Faso).  
Revue Elev. Med. Vet. Pays trop., 1984, **37** (4), 449-467.
  
- CURTIS, C.F.  
Use of 0.25 per cent fipronil spray to treat sarcoptic mange in a litter of five-week-old puppies.  
Veterinary Record, 1996, **139** (2), 43-44.
  
- DAGNOGO, M., GOUTEUX, J.P.  
Essai sur le terrain de différents insecticides contre *Glossina palpalis* (Robineau-Desvoidy) et *Glossina tachinoides* Westwood.1. Effet répulsif de OMS 1998, OMS 2002, OMS 200, OMS 18 et OMS 570.  
Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasit., 1983, **21** (1), 29-34.
  
- DAGNOGO, M., NEKPENI E., EOUZAN, J. *et al.*  
Utilisation du piégeage dans la lutte anti-tsé-tsé: effets des supports traités et non traités.  
Trop. Med. Parasit., 1986, **37**, 295-297.
  
- DAVEY, R.B., AHRENS, E.H., GEORGE, J.E. *et al.*  
Therapeutic and persistent efficacy of fipronil against *Boophilus microplus* ( Acari: Ixodidae) on cattle.  
Veterinary Parasitology, 1998, **74**, 261-276.
  
- DE LA ROQUE, S.  
Identification des facteurs discriminants majeurs de la présence de glossines dans une zone agropastorale du Burkina-Faso. Intérêt pour la prévision du risque trypanosomien.  
Th. Doct. Univ., Montpellier II, 1997, 162 p.

- DJITEYE, A., MOLOO, S.K., FOUA BI, K. *et al.*  
Essai de lutte contre *Glossina palpalis gambiensis* (Vanderplank, 1949) à l'aide de pièges et d'écrans imprégnés de deltaméthrine en zone soudanienne au Mali  
Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 1998, **51** (1), 37-45.
  
- FRANC, M.& CADIERGUES, M.C.  
Antifeeding effect of several insecticidal formulations against ctenocephalides felis on cats.  
Parasite, 1998, **5**, 83-86.
  
- GLOMOT, R.  
Toxicité de la deltaméthrine sur les vertébrés supérieurs.  
In : Deltaméthrine monographie, ROUSSEL-UCLAF, septembre 1982, 412 p.
  
- GOUTEUX, J.-P.  
La tsé-tsé : une mouche pas comme les autres.  
Insectes, 1995, **99** (4), 2-5.
  
- GOUTEUX, JP., SINDA, D.  
Community participation in the control of tsetse flies. Large scale trials using the pyramid trap in the Congo.  
Trop. Med. Parasit., 1990, **41**, 49-55.
  
- GREEN, C.H., COSENS, D.  
Spectral responses of the tsetse fly, *Glossina morsitans morsitans*.  
J. Insect. Physiol., 1983, **29** (10), 795-800.
  
- GREEN, C.H.  
Effects of colours and synthetic odours on the attraction of *Glossina pallidipes* and *Glossina morsitans morsitans*.  
Physiol. Ent., 1986, **11**, 414-421.
  
- HADAWAY, A.B.  
Toxicity of insecticides to tsetse flies  
Bull. Wld Hlth Org., 1972, **46**, 352-362.
  
- HERVE, J.J.  
Le mode d'action des pyréthrinoïdes et le problème de résistance à ces composés  
In : Deltaméthrine monographie, ROUSSEL-UCLAF, septembre 1982, 67-107.
  
- ITARD, J.  
Trypanosomoses animales africaines.  
In : CHARTIER, C., ITARD, J., MOREL, P.C., TRONCY, P.M., Précis de parasitologie vétérinaire tropicale, Paris : TEC & DOC, Cachan : Editions Médicales Internationales, 2000, 206-447.
  
- JACQUIET, P.  
Données récentes sur l'épidémiologie des trypanosomoses animales en Afrique.  
Th. : Med. vet. : Lyon : ENVET : 1989 ; n°46, 224 p.



- KAAKEH, W., REID, B.L., BENNET, G.W.  
Toxicity of fipronil to german and american cockroaches.  
*Entomologica Experimentalis et Applicata*, 1997, **84**, 229-237.
- KÜPPER, W., EIBL, F., VAN ELSSEN, A.C. et CLAIR, M.  
The use of biconical Challier-Laveissiere trap impregnated with deltamethrine against *Glossina*.  
*Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1982, **35**, 157-163.
- KWAN, W.H., GATEHOUSE, A.G. et KERRIDGE, E.  
Effects of endosulfan on pregnant females of *Glossina morsitans morsitans* Westwood and their offsprings.  
*Bull. ent. Res.*, 1982, **72**, 391-401.
- LACOMBE JP.  
Possibilités d'utilisation du fipronil contre les Taupins.  
ANPP-Troisième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture Montpellier, déc. 1993, 7-9.
- LANCIEN, J.  
Lutte contre la maladie du sommeil dans le sud-est Ouganda par piégeage des glossines.  
*Ann. Soc. Belg. Méd. Trop.*, 1991, **71** (Suppl.1), 35-47.
- LANGLEY, P.A., CARLSON, D.A.  
Laboratory evaluation of bisazir as a practical chemosterilisant for the control of tsetse, *Glossina* spp (Diptera: Glossinidae).  
*Bull. ent. Res.*, 1986, **76**, 583-592.
- LANGLEY, P.A., COATES, T.W., CARLSON, D.A. *et al.*  
Prospects for autosterilization of tsetse flies, *Glossina* spp (Diptera: Glossinidae), using sex pheromone and bisazir in the field.  
*Bull. ent. Res.*, 1982, **72**, 319-327.
- LANGLEY, P.A., PIMLEY, R.W.  
A role of juvenile hormone and the effects of so-called anti-juvenile hormones in *Glossina morsitans*.  
*J. Insect. Physiol.*, 1986, **32** (8), 727-734.
- LAVEISSIERE, C., COURET, D. et KIENON, J.P.  
Lutte contre les glossines riveraines à l'aide de pièges biconiques imprégnés d'insecticides en zone savane humide.1- Description du milieu, du matériel et de la méthode.  
*Cahiers ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasit.*, 1980, **18** (3), 201-207.
- LAVEISSIERE, C., COURET, D. et KIENON, J.P.  
Lutte contre les glossines riveraines à l'aide de pièges biconiques imprégnés d'insecticides en zone savane humide.-5 Note de synthèse.  
*Cahiers ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasit.*, 1981, **19** (1), 49-54.

- LAVEISSIERE, C., COURET, D. et TRAORE, T.

Tests d'efficacité et de rémanence d'insecticides utilisés en imprégnation sur tissus pour la lutte par piégeage contre les glossines. 1 - le protocole. L'effet "knock-down" des pyréthrinoides.

Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasit., 1985a, **23** (1), 61-67.

- LAVEISSIERE, C., COURET, D., MANNO, A. *et al.*

Tests d'efficacité et de rémanence d'insecticides utilisés en imprégnation sur tissus pour la lutte par piégeage contre les glossines. 2 - Première série de tests en saison humide et en saison sèche.

Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasit., 1985b, **23** (3), 217-230.

- LE GALL, F., BLANC, F., GOUTEUX, J.P. *et al.*

La lutte par piégeage contre *Glossina fuscipes fuscipes* pour la protection de l'élevage en R.C.A. IV- Impact entomologique, parasitologique et zootechnique.

Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 1995, **48** (2), 161-169.

- MAGONA, J.W., OKUNA, N.M., KATABAZI, B.K. *et al.*

Control of tsetse and animal trypanosomiasis using a combination of tsetse trapping, pour-on and chemotherapy along the Uganda-Kenya border.

Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 1998, **51** (4), 311-315.

- MAWUENA, K., YACNAMBE, S.

L'utilisation des pièges et écrans imprégnés d'insecticide pour la lutte contre la trypanosomose animale.

Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 1988, **41** (1), 93-96.

- MEROT, P., FILLEDIER, J., MULATO, C.

Pouvoir attractif, pour *Glossina tachinoides* de produits chimiques isolés des odeurs animales.

Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 1988, **41** (1), 79-85.

- MEROT, P., GALEY, J.P., POLITZAR, H. *et al.*

Pouvoir attractif de l'odeur des hôtes nourriciers pour *Glossina tachinoides* en zone soudano-guinéenne (Burkina-Faso).

Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 1986, **39** (3-4), 345-350.

- MEROT, P., POLITZAR, H., TAMBOURA, I. *et al.*

Résultats d'une campagne de lutte contre les glossines riveraines en Burkina par l'emploi d'écrans imprégnés de deltaméthrine.

Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 1984, **37** (2), 175-184.

- MOUHIM, A., IDRISSE RAJI, L., CHERKAOU, S., OUZANE, M.

Effets du fipronil sur le criquet marocain (*Locustotaurus maroccanus*) en association avec les sauteriaux et son impact sur les insectes non-cibles.

Rapport du Centre National de Lutte Antiacridienne – Aït Melloul – Royaume du Maroc, 1996, 30 p.

- OKDH KOTH, J. O., KIRUMIRA, E. K., KAPAATA, R.  
A new approach to community participation in tsetse control in the Bugosa sleeping sickness focus, Uganda. A preliminary report.  
Ann. Trop. Med. Parasit., 1991, **85**, 315-322.
- OKELLO-ONEN, J., HEINONEN, R., SSEKITTO, C. M. B., *et al.*  
Control of tsetse flies in Uganda by dipping cattle in deltamethrin.  
Trop. Anim. Hlth Prod., 1994, **26**, 21-27.
- OKIRIA, R., KALUNDA, M.  
Knock down and survival of tsetse flies fed on cattle and pigs dipped in deltamethrin.  
Ann. Trop. Med. Parasit., 1994, **88** (1), 77-81.
- POLITZAR, H., MEROT, P.  
Attraction of the tsetse fly *Glossina morsitans submorsitans* to acetone, 1-octen-3-ol and the combination of the these compounds in West Africa.  
Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 1984, **37** (4), 468-473.
- POSTAL, J.M.R., JEANIN, P. et CONSALVI, P.J.  
Field efficacy of a mechanical pump spray formulation containing 0.25% fipronil in the traitement and control of flea infestation and associated dermatological signs in dogs and cats.  
Vet. Dermatol., 1995, **6**, 153-158.
- QUINLAN, R.J., GATEHOUSE, A.G.  
Characteristics and implications of a knock-down of the tsetse fly *Glossina morsitans morsitans* Westwood by deltamethrine.  
Pestic. Sci., 1981, **12**, 439-442.
- RANDOLPH, S.E., ROGERS, D.J.  
Feeding cycles and flight activity of field population of tsetse (Diptera: Glossinidae)  
Bull. ent. Res., 1978, **68**, 655-671.
- RANDOLPH, S.E., ROGERS, D.J.  
Physiological correlates of the availability of *Glossina morsitans centralis* Machado to different sampling methods.  
Ecol. Ent., 1981, **6**, 63-77.
- RIORDAN E.K.  
Insecticide tolerance of pregnant females of *Glossina palpalis palpalis* (Robineau-Desvoidy) (Diptera:Glossinidae).  
Bull. ent. Res., 1987, **77**, 213-226.
- ROGERS, D.J., HAY, S.I., PACKER, M.J.  
Predicting the distribution of tsetse flies in West Africa using temporal Fourier processed meteorological satellite data.  
Ann. Trop. Med. Parasit., 1996, **90**, 225-241.

- SCOTT, J.G., WEN, Z.

Toxicity of fipronil to susceptible and resistant strains of german cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae) and house flies (Diptera: Muscidae).

Journal of Economic Entomology, 1997, **90** (5), 1152-1156.

- SWALLOW, B.M.

Impacts of trypanosomosis on African agriculture.

PAAT position paper, FAO-OMS-IAEA-OAU/IBAR, 1998, 47p.

- TACHER, P.A., LETENNEUR, L.

Etude de la compétitivité des filières de production animale en Afrique sub-saharienne et à Madagascar.

Document CIRAD/BDPA-SCETACRI, Secrétariat d'Etat à la Coopération, Montpellier, France, 1997, 313p.

- TORR, S.J.

The susceptibility of *Glossina pallidipes* Austen (Diptera: Glossinidae) to insecticide deposits on targets.

Bull. ent. Res., 1985, **75**, 451-458.

- TOMLIN, C.D.S.

The pesticide manuel. 11<sup>ème</sup> édition. 1997, The British Crop Protection Council, 344-346, 545-547.

- VALE, G.A., HALL, D.R., GOUGH, A.J.E.

The olfactory responses of tsetse flies, *Glossina* spp (Diptera: Glossinidae) to phenols and urine in the field.

Bull. ent. Res., 1988, **78**, 293-300.

- VALE, G.A., HALL, D.R.

The role of 1-octen-3-ol acetone and carbone dioxide in the attraction of tsetse flies, *Glossina* spp (Diptera: Glossinidae), to ox odour.

Bull. ent. Res., 1985a, **75**, 209-217.

- VALE, G.A., HALL, D.R.

The use of 1-octen-3-ol acetone and carbone dioxide to improve baits for tsetse flies, *Glossina* spp (Diptera: Glossinidae).

Bull. ent. Res., 1985b, **75**, 219-231.

- VALE, G.A.

Field studies of the responses of tsetse flies (Glossinidae) and other Diptera to carbon dioxide, acetone and others chemicals.

Bull. ent. Res., 1980, **70**, 563-570.

- VALE, G.A.

The effects of odours, wind direction and wind speed on the distribution of *Glossina* (Diptera: Glossinidae) and the other insects near stationary targets.

Bull. ent. Res., 1983, **73**, 53-64.

- VAN DEN BOSSCHE, P., DUCHATEAU, L.  
The effect of deltamethrin pour-on applied to cattle on the transmission of bovine trypanosomosis.  
Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 1998, **51** (2), 123-126.
  
- VAN DEN BOSSCHE, P.  
Preliminary observations of tsetse flies fed on a pig dipped in deltamethrin.  
Ann. Soc. belge Méd. trop., 1988, **68**, 159-160.
  
- VAN DEN BOSSCHE, P.  
Laboratory bioassays of deltamethrine, topically applied, during the hunger cycle of male *Glossina tachinoides*.  
Revue Elev. Med. vét. Pays trop., 1996, **49** (4), 329-333.
  
- WILLIAMS, B.G., DRANSFIELD, R.D., BRIGHTWELL, R.  
Tsetse fly (Diptera : *Glossinidae*) population dynamics and the estimation of mortality rates from life-table data.  
Bull. ent. Res., 1990, **80**, 479-485.
  
- World Health Organization.  
Control and surveillance of African Trypanosomiasis.  
Report of a WHO Expert Committee, Technical Report Series, N°881, Genève (WHO), 1998.



## **Annexes**





## Annexe 1

Evolution du nombre de mouches après un contact de 5 secondes avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m<sup>2</sup>, Deltaméthrine : 45 mg/m<sup>2</sup>).

### *Glossina morsitans morsitans*

	Fipronil		Deltaméthrine		Témoin	
	ténérables	âgées	ténérables	âgées	ténérables	âgées
J0	58	81	58	82	52	76
J1	50	79	54	82	50	75
J2	45	76	52	78	48	73
J3	43	73	50	75	46	72
J4	40	60	50	71	44	69
J5	38	57	48	65	43	67
J6	37	54	47	62	36	61
J7	37	51	47	60	36	59
J8	35	51	47	58	35	57
J9	35	50	47	52	34	56
J10	34	48	47	52	34	56
J11	33	48	47	51	34	56
J12	33	48	47	51	30	54
J13	33	47	46	49	30	53
J14	33	47	46	47	29	52
J15	33	47	46	47	29	52

### *Glossina palpalis gambiensis*

	Fipronil		Deltaméthrine		Témoin	
	ténérables	âgées	ténérables	âgées	ténérables	âgées
J0	80	90	80	90	77	88
J1	80	85	78	90	76	87
J2	80	83	74	83	73	86
J3	78	81	71	81	73	86
J4	75	69	70	73	68	76
J5	74	59	69	67	64	66
J6	72	47	68	60	61	60
J7	69	44	68	54	60	53
J8	63	41	67	52	58	48
J9	62	39	67	47	54	46
J10	62	33	67	44	52	42
J11	62	33	66	42	52	40
J12	60	26	66	38	51	37
J13	60	25	66	34	49	33
J14	60	25	66	33	49	32
J15	60	25	66	33	49	32

## Annexe 2

Evolution du nombre de mouches après un contact de 30 secondes avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m<sup>2</sup>, Deltaméthrine : 45 mg/m<sup>2</sup>).

### *Glossina morsitans morsitans*

	Fipronil		Deltaméthrine		Témoin	
	JSE1	ASE1	JSE1	ASE1	JSE1	ASE1
J0	56	90	56	90	51	89
J1	51	90	40	43	49	88
J2	44	80	31	36	43	80
J3	42	79	27	32	40	78
J4	42	79	27	27	40	78
J5	41	79	27	24	40	71
J6	41	78	23	20	40	68
J7	41	73	23	20	40	67
J8	41	71	23	20	40	64
J9	40	67	23	19	40	63
J10	40	66	23	19	40	63
J11	40	66	23	19	40	63
J12	40	65	23	19	40	63
J13	40	64	23	19	40	62
J14	40	64	23	18	40	60
J15	40	64	23	18	40	60

### *Glossina palpalis gambiensis*

	Fipronil		Deltaméthrine		Témoin	
	JSE2	ASE2	JSE2	ASE2	JSE2	ASE2
J0	85	90	85	90	83	88
J1	85	85	80	80	83	86
J2	80	77	74	56	83	80
J3	80	72	64	44	81	76
J4	80	71	61	34	81	76
J5	79	57	55	28	79	68
J6	76	45	52	24	78	59
J7	75	34	49	18	76	50
J8	74	32	49	16	75	45
J9	74	30	49	16	75	42
J10	74	27	49	16	74	41
J11	73	27	49	15	74	41
J12	73	27	49	15	73	39
J13	73	25	47	15	73	38
J14	72	23	47	15	72	37
J15	72	23	47	15	72	37

### Annexe 3

Observation de l'effet létal (en nombre de mouches mortes en 24 h, l'effectif total au début de l'expérience étant indiqué entre parenthèses) et de l'effet knock-down sur les glossines

Après un contact de 5 s

	Fipro (300 mg/m <sup>2</sup> )				Delta (45 mg/m <sup>2</sup> )				Témoin			
	Effet létal	Effet KD à :			Effet létal	Effet KD à :			Effet létal	Effet KD à :		
		½ h	1 h	2 h		½ h	1 h	2 h		½ h	1 h	2 h
JSE1	8* (58)	0	0	0	4 (58)	6	7	11	2 (52)	0	0	0
ASE1	2 (81)	0	0	0	0 (82)	1	12	19	1 (76)	0	0	0
JSE2	0 (80)	0	0	0	2 (80)	1	1	7	1 (77)	0	0	0
ASE2	5 (90)	0	0	0	0 (90)	1	4	6	1 (88)	0	0	0

\* létalité forte sans doute liée à un tube à essai mal rincé.

Après un contact de 30 s

	Fipro (300 mg/m <sup>2</sup> )				Delta (45 mg/m <sup>2</sup> )				Témoin			
	Effet létal	Effet KD à :			Effet létal	Effet KD à :			Effet létal	Effet KD à :		
		½ h	1 h	2 h		½ h	1 h	2 h		½ h	1 h	2 h
JSE1	5 (56)	0	0	0	16 (56)	27	34	41	2 (51)	0	0	0
ASE1	0 (90)	0	0	0	37 (90)	66	82	84	1 (89)	0	0	0
JSE2	0 (85)	0	0	0	6 (85)	20	33	44	0 (83)	0	0	0
ASE2	5 (90)	0	0	0	10 (90)	49	64	74	3 (88)	0	0	0

#### Annexe 4

Nombre de pupes produites par mouche et par jour au cours des expériences à un contact unique avec les insecticides

•Après un contact de 5 s :

<i>G. morsitans morsitans</i>			
	Fipronil (300 mg/m <sup>2</sup> )	Delta (45 mg/m <sup>2</sup> )	Témoin
J0	0,00	0,00	0,00
J1	0,03	0,06	0,04
J2	0,16	0,08	0,10
J3	0,03	0,00	0,04
J4	0,05	0,01	0,07
J5	0,12	0,09	0,06
J6	0,11	0,13	0,07
J7	0,02	0,00	0,03
J8	0,08	0,17	0,09
J9	0,12	0,04	0,05
J10	0,02	0,02	0,04
J11	0,00	0,02	0,00
J12	0,04	0,08	0,04
J13	0,19	0,06	0,02
J14	0,00	0,00	0,00
J15	0,02	0,00	0,04
total	0,99	0,76	0,68

<i>G. palpalis gambiensis</i>			
	Fipronil (300 mg/m <sup>2</sup> )	Delta (45 mg/m <sup>2</sup> )	Témoin
J0	0,00	0,00	0,00
J1	0,04	0,03	0,03
J2	0,10	0,06	0,05
J3	0,06	0,01	0,02
J4	0,03	0,01	0,03
J5	0,05	0,09	0,05
J6	0,11	0,08	0,08
J7	0,05	0,00	0,09
J8	0,12	0,12	0,04
J9	0,00	0,04	0,00
J10	0,03	0,09	0,00
J11	0,00	0,02	0,00
J12	0,27	0,08	0,14
J13	0,16	0,06	0,03
J14	0,00	0,00	0,00
J15	0,04	0,03	0,06
total	1,05	0,73	0,62

•Après un contact de 30 s :

<i>G. morsitans morsitans</i>			
	Fipronil (300 mg/m <sup>2</sup> )	Delta (45 mg/m <sup>2</sup> )	Témoin
J0	0,01	0,01	0
J1	0,01	0,09	0,09
J2	0,06	0,06	0,06
J3	0	0	0,01
J4	0	0,04	0
J5	0,05	0,04	0,07
J6	0,13	0,05	0,07
J7	0,11	0,05	0,16
J8	0,08	0,15	0,01
J9	0,03	0,21	0,06
J10	0,05	0,1	0,03
J11	0,03	0,05	0,05
J12	0,14	0	0,05
J13	0,09	0,16	0,08
J14	0,06	0,05	0,07
J15	0	0	0
total	0,85	1,06	0,81

<i>G. palpalis gambiensis</i>			
	Fipronil (300 mg/m <sup>2</sup> )	Delta (45 mg/m <sup>2</sup> )	Témoin
J0	0	0,04	0,01
J1	0,06	0,11	0,04
J2	0,1	0,07	0,08
J3	0,04	0,02	0,05
J4	0,01	0,03	0,01
J5	0,14	0	0,06
J6	0,2	0	0,1
J7	0,23	0,11	0,12
J8	0,03	0	0,02
J9	0,07	0,18	0,12
J10	0,15	0	0,02
J11	0	0	0,02
J12	0	0,13	0,13
J13	0,16	0	0,08
J14	0,04	0,07	0,19
J15	0	0	0
total	1,23	0,76	1,05

#### Annexe 4 bis

Evolution du nombre de pupes produites au cours des expériences à un contact unique avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m<sup>2</sup>, Deltaméthrine : 45 mg/m<sup>2</sup>).

<i>Glossina morsitans morsitans</i>												
contact 5 s							contact 30 s					
Fipronil	Q=81	Delta	Q=82	Témoin	Q=76		Fipronil	Q=90	Delta	Q=90	Témoin	Q=89
pupe	avorton	pupe	avorton	pupe	avorton		pupe	avorton	pupe	avorton	pupe	avorton
J0	0	0	0	0	0		1	1	1	0	0	0
J1	2	0	5	1	3	0	1	0	4	4	8	1
J2	12	0	6	0	7	0	5	1	2	0	5	0
J3	2	0	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0
J4	3	4	1	1	5	0	0	0	1	0	0	0
J5	7	0	6	0	4	0	4	0	1	1	5	1
J6	6	1	8	0	4	0	10	0	1	0	5	0
J7	1	0	0	0	2	0	8	0	1	0	11	0
J8	4	0	10	0	5	1	6	0	3	0	1	0
J9	6	1	2	0	3	0	2	0	4	0	4	0
J10	1	0	2	0	2	1	3	0	2	0	2	0
J11	0	0	2	0	0	0	2	0	1	0	4	0
J12	3	0	4	1	3	1	9	1	0	1	3	0
J13	9	0	5	0	2	0	6	0	2	0	5	0
J14	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	4	0
J15	2	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
Total	58	7	51	4	45	4	62	3	24	6	58	2

<i>Glossina palpalis gambiensis</i>												
contact 5 s							contact 30 s					
Fipronil	Q=90	Delta	Q=90	Témoin	Q=88		Fipronil	Q=90	Delta	Q=90	Témoin	Q=88
pupe	avorton	pupe	avorton	pupe	avorton		pupe	avorton	pupe	avorton	pupe	avorton
J0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0
J1	3	0	3	0	3	0	5	0	9	1	3	0
J2	8	1	5	1	4	0	8	0	4	0	7	0
J3	5	0	1	1	2	0	3	0	1	0	4	0
J4	2	1	1	0	2	0	1	0	1	1	1	0
J5	3	0	6	0	3	0	8	0	0	0	4	0
J6	5	0	5	0	5	0	9	0	0	0	6	1
J7	2	0	0	0	5	1	8	1	2	0	6	0
J8	5	0	6	0	2	0	1	0	0	0	1	0
J9	0	0	4	1	0	0	2	0	3	0	5	0
J10	2	0	4	0	0	0	4	0	0	0	1	0
J11	3	0	3	0	0	0	0	0	2	0	2	0
J12	7	0	3	0	5	0	0	0	2	1	6	0
J13	5	0	2	0	5	0	2	0	0	0	3	0
J14	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	7	0
J15	1	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Total	51	2	44	3	39	1	52	1	29	3	57	1

## Annexe 5

Données sur la reproduction des glossines au cours des expériences relative à un contact unique avec les insecticides (Fipronil 300 mg/m<sup>2</sup>, Deltaméthrine 45 mg/m<sup>2</sup>).

Quotidiennement, au cours des différentes expériences les pupes sont collectées cage par cage et pesées avant d'être stockées jusqu'à leur éclosion. Les résultats des pesées sont synthétisés dans les tableaux suivants :

Chez *Glossina morsitans morsitans* :

	contact 5 s			contact 30 s		
	Fipronil	Delta	témoin	Fipronil	Delta	témoin
Nombre de mouches	81	82	76	90	90	89
Nombre de pupes	58	51	45	62	24	58
Poids moyen d'une pupe en mg	26,53	26,84	26,82	26,25	26,28	25,57
Production de pupes/ f / j	0.062	0.047	0.042	0.053	0.066	0.05

Chez *Glossina palpalis gambiensis* :

	contact 5 s			contact 30 s		
	Fipronil	Delta	témoin	Fipronil	Delta	témoin
Nombre de mouches	90	90	88	90	90	88
Nombre de pupes	51	44	39	52	29	57
Poids moyen d'une pupe en mg	23,54	22,63	24,75	24,88	25,07	24,86
Production de pupes/ f / j	0.065	0.045	0.038	0.077	0.047	0.065

## Annexe 6

Tests de comparaison du poids moyen des pupes récoltées au cours des expériences relatives à un contact unique avec les insecticides (Fipronil : 300mg/m<sup>2</sup> ; Deltaméthrine : 45 mg/m<sup>2</sup>).

Il s'agit d'un test de comparaison de deux moyennes expérimentales dans le cas d'échantillons indépendants de grande taille (n>30). L'hypothèse nulle est l'absence de différence significative entre les moyennes ; nous calculons la valeur de u selon la formule :

$$u = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)}}$$

et pour un risque  $\alpha$  de 5%, on a une valeur de  $u_\alpha$  de 1.96. L'hypothèse nulle sera rejetée si  $u \notin ]-u_\alpha, u_\alpha[$ .

### Chez *Glossina morsitans morsitans*

	contact 5 s			contact 30 s		
	Fipronil	Delta	Témoin	Fipronil	Delta	Témoin
Nombre de pupes (n)	58	51	45	62	24	58
Poids moyen d'une pupe en mg (x)	26,53	26,84	26,82	26,25	26,28	25,57
Ecart type (s)	4,99	4,3	3,94	3,76	5,4	5,32

	contact 5 s	contact 30 s
fipronil/deltaméthrine	u=-0,35	u=-0,02
fipronil/témoin	u=-0,33	u=0,80

### Chez *Glossina palpalis gambiensis*

	contact 5 s			contact 30 s		
	Fipronil	Delta	Témoin	Fipronil	Delta	Témoin
Nombre de pupes (n)	51	44	39	52	29	57
Poids moyen d'une pupe en mg (x)	23,54	22,63	24,75	24,88	25,07	24,86
Ecart type (s)	5,28	5,29	4,26	4,99	4,55	4,82

	contact 5 s	contact 30 s
fipronil/deltaméthrine	u=0,83	u=-0,17
fipronil/témoin	u=-1,20	u=0,02

Dans les deux expériences, u fait parti de l'intervalle [-1.96 ; 1.96] donc l'hypothèse nulle ne peut pas être rejetée au risque 5%, il n'y a pas de différence significative entre les poids moyens des pupes pondues au cours de ces expériences.

## Annexe 7

Test du khi-deux pour les expériences d'un contact de 30 secondes avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m<sup>2</sup>, Deltaméthrine : 45 mg/m<sup>2</sup>).

L'hypothèse nulle correspond au fait que les différences entre les échantillons sont dues aux fluctuations d'échantillonnage et qu'il n'y a donc pas de différences entre eux. Les effectifs réels et théoriques sont calculés comme suit :

Effectifs réels

	Témoin	Fipronil	total
Vivantes au jour j	A	B	D
Mortes depuis J0	A1	B1	D1
total	A2	B2	D2

Effectifs théoriques

	Témoin	Fipronil
Vivantes au jour j	$A2 \times D / D2$	$B2 \times D / D2$
Mortes depuis J0	$A2 \times D1 / D2$	$B2 \times D1 / D2$

pour les *Glossina morsitans morsitans* traitées au fipronil à J2 par exemple :

	Témoin	Fipronil	total
Vivantes à J2	43	44	87
Mortes depuis J0	8	12	20
Total (vivantes au début de l'expérience)	51	56	107

Le nombre de degré de liberté est égal à 1 et on prend le risque  $\alpha$  égal à 5 %, on lit dans les tables la valeur du khi-deux telle que  $P(\text{khi-deux calculé} \geq \text{khi-deux}) = \alpha$  ; dans les tableaux des annexes 7 bis et ter sont reportées les valeurs de la probabilité pour que l'inégalité ci-dessus soit respectée.

Si cette probabilité est inférieure à  $\alpha$  (0.05) on rejette l'hypothèse nulle et il existe donc une différence significative entre les échantillons (valeurs marquées d'un astérisque).



### Annexe 7 bis

Test du khi-deux pour les expériences d'un contact de 30 secondes avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m<sup>2</sup>, Deltaméthrine : 45 mg/m<sup>2</sup>) pour *Glossina morsitans morsitans*.

#### *Glossina morsitans morsitans* ténéales

	Témoin	Fipronil		Deltaméthrine	
	Nombre de vivantes	Nombre de vivantes	Probabilité Khi-deux	Nombre de vivantes	Probabilité Khi-deux
J0	51	56		56	
J1	49	51	0,29	40	0,0007*
J2	43	44	0,44	31	0,0012*
J3	40	42	0,67	27	0,0013*
J4	40	42	0,67	27	0,0013*
J5	40	41	0,52	27	0,0013*
J6	40	41	0,52	23	0,0001*
J7	40	41	0,52	23	0,0001*
J8	40	41	0,52	23	0,0001*
J9	40	40	0,4	23	0,0001*
J10	40	40	0,4	23	0,0001*
J11	40	40	0,4	23	0,0001*
J12	40	40	0,4	23	0,0001*
J13	40	40	0,4	23	0,0001*
J14	40	40	0,4	23	0,0001*
J15	40	40	0,4	23	0,0001*

#### *Glossina morsitans morsitans* âgées

	Témoin	Fipronil		Deltaméthrine	
	Nombre de vivantes	Nombre de vivantes	Probabilité Khi-deux	Nombre de vivantes	Probabilité Khi-deux
J0	89	90		90	
J1	88	90	0,31	43	<10exp-4*
J2	80	80	0,82	36	<10exp-4*
J3	78	79	0,97	32	<10exp-4*
J4	78	79	0,97	27	<10exp-4*
J5	71	79	0,14	24	<10exp-4*
J6	68	78	0,07	20	<10exp-4*
J7	67	73	0,34	20	<10exp-4*
J8	64	71	0,27	20	<10exp-4*
J9	63	67	0,58	19	<10exp-4*
J10	63	66	0,7	19	<10exp-4*
J11	63	66	0,7	19	<10exp-4*
J12	63	65	0,83	19	<10exp-4*
J13	62	64	0,83	19	<10exp-4*
J14	60	64	0,59	18	<10exp-4*
J15	60	64	0,59	18	<10exp-4*

- <0.05 et donc test significatif au risque 5%.

### Annexe 7 ter

Test du khi-deux pour les expériences d'un contact de 30 secondes avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m<sup>2</sup>, Deltaméthrine : 45 mg/m<sup>2</sup>) pour *Glossina palpalis gambiensis*.

#### *Glossina palpalis gambiensis* ténéales

	Témoin	Fipronil		Deltaméthrine	
	Nombre de vivantes	Nombre de vivantes	Probabilité Khi-deux	Nombre de vivantes	Probabilité Khi-deux
J0	83	85		85	
J1	83	85		80	0,02*
J2	83	80	0,02*	74	0,0007*
J3	81	80	0,26	64	<10exp-4*
J4	81	80	0,26	61	<10exp-4*
J5	79	79	0,53	55	<10exp-4*
J6	78	76	0,28	52	<10exp-4*
J7	76	75	0,47	49	<10exp-4*
J8	75	74	0,49	49	<10exp-4*
J9	75	74	0,49	49	<10exp-4*
J10	74	74	0,67	49	<10exp-4*
J11	74	73	0,52	49	<10exp-4*
J12	73	73	0,69	49	<10exp-4*
J13	73	73	0,69	47	<10exp-4*
J14	72	72	0,7	47	<10exp-4*
J15	72	72	0,7	47	<10exp-4*

#### *Glossina palpalis gambiensis* âgées

	Témoin	Fipronil		Deltaméthrine	
	Nombre de vivantes	Nombre de vivantes	Probabilité Khi-deux	Nombre de vivantes	Probabilité Khi-deux
J0	88	90		90	
J1	86	85	0,26	80	0,01*
J2	80	77	0,26	56	<10exp-4*
J3	76	72	0,25	44	<10exp-4*
J4	76	71	0,18	34	<10exp-4*
J5	68	57	0,04*	28	<10exp-4*
J6	59	45	0,02*	24	<10exp-4*
J7	50	34	0,01*	18	<10exp-4*
J8	45	32	0,03*	16	<10exp-4*
J9	42	30	0,05*	16	<10exp-4*
J10	41	27	0,02*	16	<10exp-4*
J11	41	27	0,02*	15	<10exp-4*
J12	39	27	0,04*	15	<10exp-4*
J13	38	25	0,03*	15	<10exp-4*
J14	37	23	0,02*	15	<10exp-4*
J15	37	23	0,02*	15	<10exp-4*

## Annexe 8

Test du khi-deux entre les classes d'âges et les sous-espèces pour les expériences d'un contact de 30 secondes avec la deltaméthrine à 45 mg/m<sup>2</sup>.

Comparaison entre les mouches ténérables et les mouches âgées de :

*Glossina morsitans morsitans*

	Nombre de vivantes ténérables	Nombre de vivantes âgées	Probabilité khi-deux
J0	56	90	
J1	40	43	0,005*
J2	31	36	0,07
J3	27	32	0,129
J4	27	27	0,026*
J5	27	24	0,007*
J6	23	20	0,015*
J7	23	20	0,015*
J8	23	20	0,009*
J9	23	19	0,009*
J10	23	19	0,009*
J11	23	19	0,009*
J12	23	19	0,009*
J13	23	19	0,009*
J14	23	18	0,005*
J15	23	18	0,005*

*Glossina palpalis gambiensis*

Nombre de vivantes ténérables	Nombre de vivantes âgées	Probabilité khi-deux
85	90	
80	80	0,216
74	56	0,0002*
64	44	0,0003*
61	34	<10exp-4*
55	28	<10exp-4*
52	24	<10exp-4*
49	18	<10exp-4*
49	16	<10exp-4*
49	16	<10exp-4*
49	16	<10exp-4*
49	15	<10exp-4*
49	15	<10exp-4*
47	15	<10exp-4*
47	15	<10exp-4*
47	15	<10exp-4*

Comparaison entre les mouches ténérables *Glossina morsitans morsitans* et les mouches ténérables *Glossina palpalis gambiensis* :

	Nombre de vivantes JSE1	Nombre de vivantes JSE2	Probabilité khi-deux
J0	56	85	
J1	40	80	0,0002*
J2	31	74	<10exp-4*
J3	27	64	0,001*
J4	27	61	0,004*
J5	27	55	0,052
J6	23	52	0,019*
J7	23	49	0,054
J8	23	49	0,054
J9	23	49	0,054
J10	23	49	0,054
J11	23	49	0,054
J12	23	49	0,054
J13	23	47	0,098
J14	23	47	0,098
J15	23	47	0,098

## Annexe 9

Test du khi-deux pour les expériences de trois contacts de 30 secondes, répétés à 48 heures d'intervalle, avec les insecticides (Fipronil : 300 mg/m<sup>2</sup> ; Deltaméthrine : 45 mg/m<sup>2</sup>).

### *Glossina morsitans morsitans* :

	Témoin	Fipronil		Deltaméthrine	
	Nombre de vivantes	Nombre de vivantes	Probabilité Khi-deux	Nombre de vivantes	Probabilité Khi-deux
<b>J0</b>	23	35		27	
J1	20	31	0,85	16	0,02*
<b>J2</b>	19	27	0,61	12	0,005*
J3	17	24	0,66	6	0,0003*
<b>J4</b>	17	24	0,66	6	0,0003*
J5	16	23	0,75	5	0,0003*
J6	16	23	0,75	5	0,0003*
J7	16	22	0,59	3	<10exp-4*
J8	16	18	0,17	3	<10exp-4*
J9	16	17	0,11	3	<10exp-4*
J10	16	16	0,07*	3	<10exp-4*
J11	16	16	0,07*	3	<10exp-4*
J12	16	16	0,07*	3	<10exp-4*
J13	16	16	0,07*	3	<10exp-4*
J14	16	16	0,07*	3	<10exp-4*
J15	16	16	0,07*	3	<10exp-4*

### *Glossina palpalis gambiensis* :

	Témoin	Fipronil		Deltaméthrine	
	Nombre de vivantes	Nombre de vivantes	Probabilité Khi-deux	Nombre de vivantes	Probabilité Khi-deux
<b>J0</b>	43	44		43	
J1	42	36	0,01*	40	0,3
<b>J2</b>	41	31	0,002*	27	0,0002*
J3	39	27	0,001*	19	<10exp-4*
<b>J4</b>	39	26	0,0007*	18	<10exp-4*
J5	39	25	0,0003*	13	<10exp-4*
J6	39	24	0,0002*	13	<10exp-4*
J7	39	24	0,0002*	13	<10exp-4*
J8	38	24	0,0005*	12	<10exp-4*
J9	38	23	0,0002*	11	<10exp-4*
J10	38	23	0,0002*	11	<10exp-4*
J11	38	23	0,0002*	10	<10exp-4*
J12	38	23	0,0002*	10	<10exp-4*
J13	38	23	0,0002*	10	<10exp-4*
J14	38	23	0,0002*	10	<10exp-4*
J15	38	23	0,0002*	10	<10exp-4*

NB : les jours de contacts apparaissent en gras dans les tableaux.

### Annexe 10

Evolution de l'effectif des mouches après trois contacts de 5 secondes avec les insecticides (Fipronil :300 mg/m<sup>2</sup>, Deltaméthrine :45 mg/m<sup>2</sup>).

#### *Glossina morsitans morsitans :*

	Témoin	Fipro	Delta
<b>J0</b>	45	46	46
J1	42	45	44
<b>J2</b>	39	40	38
J3	34	36	34
<b>J4</b>	33	36	32
J5	32	36	32
J6	32	36	32
J7	31	36	29
J8	30	36	28
J9	29	35	28
J10	29	35	28
J11	29	35	28
J12	29	35	28
J13	29	35	28
J14	29	35	27
J15	29	35	27

#### *Glossina palpalis gambiensis :*

	Témoin	Fipro	Delta
<b>J0</b>	44	42	42
J1	44	39	41
<b>J2</b>	40	31	36
J3	36	30	31
<b>J4</b>	35	30	28
J5	35	30	28
J6	35	30	28
J7	35	28	26
J8	34	28	25
J9	32	28	25
J10	32	28	25
J11	32	28	25
J12	32	28	25
J13	32	28	25
J14	32	27	25
J15	32	27	25

NB : les jours de contacts apparaissent en gras dans les tableaux.

## Annexe 11

Calcul de l'efficacité de la deltaméthrine à 45 mg/m<sup>2</sup> et du fipronil à 300 mg/m<sup>2</sup> sur les glossines pour des contacts tarsaux unique ou répétés de 5 ou 30 secondes.

L'efficacité (E) est calculée selon la formule suivante :  $E = (T_e - T_r) / T_e \times 100$

T<sub>e</sub> représente le nombre de glossines restant dans le lot témoin à la fin de l'expérience, ou le lendemain du contact pour les expériences où l'on procède à trois contacts successifs.

T<sub>r</sub> représente le nombre de glossines restant dans le lot traité (soit à la deltaméthrine soit au fipronil) à la fin de l'expérience, ou le lendemain du contact pour les expériences où l'on procède à trois contacts successifs.

Etant donné que nous n'avons pas pu travailler avec des effectifs de départ identiques dans chaque lot, nous ramenons l'effectif des lots traités à l'effectif des lots témoins :

Par exemple pour un contact de 5 secondes avec le fipronil, nous avons pour *Glossina morsitans morsitans* : T<sub>r</sub> = 33 pour un effectif de 58 mouches au départ

T<sub>e</sub> = 29 pour un effectif de 52 mouches au départ

Donc on a  $T_r = 33 \times 52 / 58 = 29.6$  et T<sub>e</sub> = 29 ; (T<sub>e</sub> - T<sub>r</sub>) < 0 l'efficacité du fipronil pour un contact de 5 secondes sur *Glossina morsitans morsitans* est donc nulle.

Les tableaux concernant l'évolution des effectifs au cours de chaque expérience se trouvent dans les annexes suivantes :

- annexe 1 (p) pour l'expérience d'un contact de 5 secondes,
- annexe 2 (p) pour l'expérience d'un contact de 30 secondes,
- annexe 10 (p) pour l'expérience de trois contacts successifs de 5 secondes,
- annexe 9 (p) pour l'expérience de trois contacts successifs de 30 secondes.

## Annexe 12

Expériences de nourrissage des glossines sur un lapin traité au fipronil (1 ml de fipronil à 2.4mg/ml pulvérisé de manière homogène sur chaque oreille).

*Glossina morsitans morsitans* (effectifs de 40 mouches dans chaque lot)

	Posées sur l'oreille du lapin		Action de piqûre		Gorgées de sang	
	fipronil	témoin	fipronil	témoin	fipronil	témoin
1 minute	19	27	18	23	2	7
2 minutes	21	29	19	24	11	18
3 minutes	22	32	18	20	16	26
4 minutes	23	25	17	16	20	28
5 minutes	23	26	13	14	24	31
6 minutes	20	24	12	9	25	33
7 minutes	21	29	11	5	26	33
8 minutes	22	28	12	7	26	33
9 minutes	22	28	14	5	26	33
10 minutes	21	31	12	2	26	33

*Glossina palpalis gambiensis* (effectif de 40 mouches dans chaque lot)

	Posées sur l'oreille du lapin		Action de piqûre		Gorgées de sang	
	fipronil	témoin	fipronil	témoin	fipronil	témoin
1 minute	21	21	19	21	1	6
2 minutes	24	21	23	20	7	14
3 minutes	25	21	23	20	12	18
4 minutes	28	23	24	14	18	23
5 minutes	30	23	23	11	20	27
6 minutes	31	23	24	7	22	30
7 minutes	29	24	20	8	25	30
8 minutes	28	24	15	6	29	31
9 minutes	28	25	10	4	29	32
10 minutes	28	26	8	4	29	32